



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL
CURSO DE AGRONOMIA

**FERRAMENTAS GRÁFICAS NA ANÁLISE DA IRRADIÂNCIA SOLAR NAS
FACHADAS: UM ESTUDO DE CASO PARA GALPÃO AVIÁRIO**

DENIS MIRANDA LOPES

AREIA-PB
OUTUBRO DE 2019

DENIS MIRANDA LOPES

**FERRAMENTAS GRÁFICAS NA ANÁLISE DA IRRADIÂNCIA SOLAR NAS
FACHADAS: UM ESTUDO DE CASO PARA GALPÃO AVIÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Agronomia, do Centro de Ciências
Agrárias, da Universidade Federal da
Paraíba em cumprimento às exigências
para a obtenção do título de **Engenheiro
Agrônomo**.

Orientador: Prof. Dra. Fernanda Fernandes de Melo

AREIA-PB
OUTUBRO DE 2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L864f Lopes, Denis Miranda.

Ferramentas gráficas na análise da irradiância solar nas fachadas: um estudo de caso para galpão aviário. / Denis Miranda Lopes. - Areia-PB, 2019.
45 f. : il.

Orientação: Fernanda Fernandes de Melo.
Monografia (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Orientação Solar. 2. Cobertura. 3. Construções Rurais. I. Melo, Fernanda Fernandes de. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

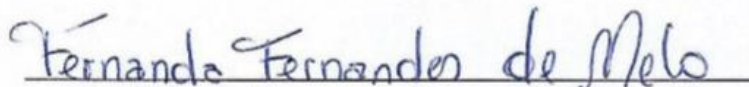
DENIS MIRANDA LOPES

**FERRAMENTAS GRÁFICAS NA ANÁLISE DA IRRADIÂNCIA SOLAR NAS
FACHADAS: UM ESTUDO DE CASO PARA GALPÃO AVIÁRIO**

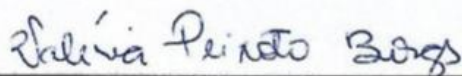
Trabalho de graduação apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia, do
Centro de Ciências Agrárias, da
Universidade Federal da Paraíba, em
cumprimento às exigências para obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 29/10/2019

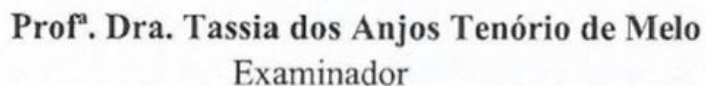
BANCA EXAMINADORA


Profª. Dra. Fernanda Fernandes de Melo

Orientadora
DSER/CCA/UFPB


Profª. Dra. Valéria Peixoto Borges

Examinador
DSER/CCA/UFPB


Profª. Dra. Tássia dos Anjos Tenório de Melo
Examinador
DSER/CCA/UFPB

À Deus, que com sua graça tem me sustentado e me dado forças para
permanecer firme nos momentos difíceis e que deu um significado a
vida.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus que me deu o dom da vida e foi meu socorro bem presente nas horas de angústia, me guiando e dando motivos para realmente viver.

À meus pais Severino Lopes da Silva e Ana Patrícia Miranda Lopes que nunca mediram esforços para oferecer apoio, se fazendo sempre presente nos momentos difíceis.

Aos meus queridos amigos, que fiz ao longo dessa caminhada, que saibam que foram minha segunda família, compartilhando momentos inesquecíveis, se fizeram presentes na dor e na alegria. Enquanto sorriam com minhas pobres imitações, davam ânimo aquele jovem menino que tinha medo até mesmo de falar.

À todos os professores do CCA que tive a oportunidade de ser aluno, que independente de qualquer coisa sempre deixaram um ensinamento, em especial, à professora Fernanda Fernandes de Melo que aceitou me orientar e sempre foi muito atenciosa e compreensiva, ao Professor Bruno de Oliveira Dias que me deu suporte para que eu não desistisse de continuar o presente trabalho, devido ao acidente sofrido e ao professor Jacinto de Luna Batista que sempre foi um grande conselheiro.

LOPES, D. M. FERRAMENTAS GRÁFICAS NA ANÁLISE DA IRRADIÂNCIA SOLAR NAS FACHADAS: UM ESTUDO DE CASO PARA GALPÃO AVIÁRIO. Areia/PB. 2019. Graduação em Agronomia. Orientador: Prof.(a) Dra. Fernanda Fernandes de Melo (Monografia).

RESUMO GERAL

A análise da geometria da insolação local pode fazer toda a diferença na tomada de decisões sobre a tipologia construtiva a ser adotada, bem como, na seleção dos diferentes materiais que serão empregados. Com o presente trabalho objetivou-se analisar através de ferramentas gráficas o comportamento da incidência da radiação solar em diferentes orientações de um modelo de galpão aviário adaptado para o município de Areia-PB. O trabalho caracteriza-se como uma pesquisa exploratória, adotando-se um estudo de caso como método para o procedimento, que consistiu na análise da insolação sobre um modelo tridimensional de um galpão aviário. Os resultados foram obtidos a partir da análise e descrição das imagens feitas através das duas ferramentas gráficas utilizadas, a Carta Solar e o software SketchUp®. O modelo de galpão estudado possui 12 m de largura e 20m de comprimento pé direito de 3m de altura e cobertura com inclinação de 47%, apresentando duas configurações do beiral, uma com 1m de comprimento projetando um ângulo alfa na máscara de sombra de 22° e outra com beiral de 0,5m projetando a 10°. Ao analisar a Carta Solar do município de Areia-PB, sem as máscaras de sombra de ângulos formados pelos anteparos solares e sem atribuição da edificação específica, observou-se que, devido a declinação solar, a trajetória do sol proporciona uma maior incidência solar na fachada que fica voltada para o norte ao longo do ano, predominantemente no inverno e outono. À medida que vai se aproximando do verão os dias ficam mais longos aumentando a insolação diária nas fachadas voltadas para o sul. Fachadas voltadas para o leste estão sujeitas a receber insolação no período matutino e as voltadas para o oeste no período vespertino em todas as estações do ano. Com o auxílio das imagens feitas no SketchUp® foi possível ter informações visuais precisas de como a incidência da luz solar afeta as fachadas dando também a possibilidade de mensurar essa projeção de sombra o que dá uma ideia mais próxima da realidade. Nas condições estudadas no modelo o beiral de 1m apresentou eficiência em proteger as fachadas da exposição à radiação solar direta ao longo do ano. Quando as condições do terreno não permitirem a instalação da construção no sentido Leste-Oeste é recomendável a orientação Nordeste-Sudoeste.

Palavras-chave: Orientação Solar, Cobertura, Construções Rurais

LOPES, D. M. GRAPHIC TOOLS IN THE ANALYSIS OF THE IMPACT OF SOLAR RADIATION ON FACADE OF AVIAN SHED: A CASE STUDY.

Areia/PB. 2019. Graduation in Agronomy. Advisor: Prof. (a) Dra. Fernanda Fernandes de Melo (Monograph).

ABSTRACT GERAL

An analysis of the local insolation geometry can make all the difference in making decisions about a constructive typology to be adopted, as well as in selecting the different materials to be used. With the present work we aimed to analyze through graphical tools or the behavior of incidence of solar injuries in different orientations of an avian shed model adapted to the municipality of Areia-PB. The work describes as an exploratory research, adopting a case study as a method for procedure, which consists in analyzing the insolation on a three-dimensional model of an avian shed. The results were selected from the analysis and description of the images made using the two graphic tools used, the Solar Chart and the SketchUp® software. The shed model studied had a ceiling height of 3m and 47% slope coverage, had two spiral configurations, one 1m long projected with alpha angle on the 22° shadow mask and the other with 0.5m spiral. project at 10 °. When analyzing a Solar Charter from the municipality of Areia-PB, as shadow masks of angles formed by the bulkheads and without alteration of the specific edition, the permissions, which occur due to solar declination, a trajectory of the sun cause a greater solar loss in the façade. It faces north throughout the year, predominantly in winter and fall. As summer approaches, the days remain longer after daily sunstroke on the south-facing facades. Facades facing east are subject to sunstroke in the morning and west facing in the afternoon at all seasons of the year. With the help of images made in SketchUp®, it was possible to have accurate visual information on how to cause slight light damage, as well as offer the ability to measure this shadow cast or give an idea closer to reality. Under the conditions studied in the model, the 1m eave showed efficiency in protecting the façades from exposure to direct solar radiation throughout the year. When the terrain conditions do not allow the construction of the construction in the East-West direction, the Northeast-Southwest orientation is recommended.

Keywords: Solar Orientation, Roofing, Rural Buildings

SUMÁRIO

	Pag.
1. INTRODUÇÃO	9
1.1.OBJETIVOS	10
1.1.1. Objetivo Geral	10
1.1.2. Objetivo específico	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1. Ambiência e conforto nas Instalações	10
2.2. Modelagem e ferramentas gráficas no diagnóstico e qualidade ambiental das instalações	12
2.2.1. Modelagem através do SketchUp®	13
2.2.2. Carta Solar	14
2.3. Orientação e tipologia da instalação e radiação solar	14
3.MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Utilização da Carta Solar	17
3.2 Modelagem e análise do galpão aviário no SketchUp®	18
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1 Carta solar e Trajetória solar	19
4.1.1 Análise da carta solar para edificações nas diferentes orientações	20
4.2 Análise da insolação sobre o modelo de um galpão aviário	24
4.2.1. Orientação Leste-Oeste	25
4.2.2. Orientação Norte-Sul	31
4.2.3. Orientação Nordeste-Sudoeste	35
5.CONCLUSÕES	39
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
7.ANEXO I	45

1. INTRODUÇÃO

Em regiões tropicais o uso de técnicas construtivas que reduzam o ganho de energia térmica das construções é um dos fatores de maior impacto na melhoria das condições de conforto térmico, principalmente quando relacionado à produção animal. O desconforto gerado pelas condições climáticas impede, dependendo do nível em que se encontra, o perfeito funcionamento fisiológico e a produção. Além disso, interfere em uma série de outros fatores como a interação social e a etologia dos animais.

As regiões localizadas na zona de clima tropical recebem uma abundante quantidade de radiação solar, apresentando elevada insolação sobre as edificações. Tendo em vista as características climáticas e a vocação agropecuária da região, se faz necessário o conhecimento sobre a eficiência térmica das edificações no intuito de que se possa aplicar um manejo adequado, sem a promoção de elementos estressantes que possam comprometer a produção ou a produtividade.

Os animais que conservam sua temperatura interna fixam pela ação de mecanismos termorreguladores necessitam de uma zona de conforto ambiental, em que condições climáticas como a temperatura, devem estar dentro de limites específicos. Uma semana de calor contínuo, gera perdas em produtividade nas instalações rurais destinada a produção animal (COSTA, 2009)

De acordo com Santos (2018), dentre os componentes construtivos a cobertura se destaca como elemento que pode reduzir significativamente o incremento térmico no interior das instalações e promover o conforto térmico dos animais. A inclinação da cobertura e a largura do beiral são uns dos fatores determinantes que influenciam no ganho térmico das instalações devido a sua função de proteger a edificação da insolação direta.

A orientação solar da edificação exerce grande influência no comportamento térmico das coberturas e fechamentos laterais, quando se refere a capacidade de inércia térmica dessas estruturas. A forma e a extensão que a radiação é capaz de incidir sobre essas estruturas definem diversos aspectos que serão adotados no projeto construtivo, como a cor e a espessura das paredes e largura dos beirais.

Cabe ressaltar, segundo Alves e Rodrigues (2004), que por razões de conforto térmico, considerando que a orientação do eixo da instalação normalmente recomendada para o hemisfério sul é a Leste-Oeste, muitas vezes, por questões topográficas, se torna impossível a sua utilização.

Nesse contexto, é importante lembrar que uma análise da geometria da insolação local pode fazer toda a diferença na tomada de decisões sobre a tipologia construtiva a ser adotada, bem como, na seleção dos diferentes materiais que serão empregados. Assim, sem que haja a necessidade de estudos experimentais, é possível fazer um diagnóstico utilizando-se de ferramentas como a carta solar e softwares gráficos que permitam a análise visual com base nas informações geográficas e características ambientais.

Nos sistemas de produção a mensuração de algumas variáveis relacionadas a ambiência são muito onerosas. Uma das principais causas disso é o custo de equipamentos e mão de obra, o que estimula a elaboração de modelos que permitam estimar, a partir de determinações mais simplificadas (TURCO; RIZZATTI, 2006). A modelagem permite explorar e representar determinadas concepções com o objetivo a ser logrado, de maneira simplificada e eficientes. Com seu caráter preditivo e analítico se tem economia de tempo e um melhor planejamento (SOUSA JUNIOR, 2016).

1.1.OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Analisar a incidência da radiação solar em diferentes orientações de um modelo de galpão aviário adaptado para o município de Areia - PB.

1.1.2. Objetivos específicos

Avaliar através de imagens a correlação na representação da trajetória solar entre a Carta Solar e o software SketchUp®.

Analisar as projeções solares nas fachadas da edificação sob diferentes orientações ao longo do ano.

Verificar a insolação anual nas fachadas através do comportamento da projeção das sombras para diferentes larguras do beiral.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ambiência e conforto nas instalações

O desempenho térmico de uma instalação é configurado pela ação conjunta de fatores, como as condições de implantação, de orientação, de insolação, da ventilação,

dos materiais opacos e transparentes, e das trocas de calor que ocorrem através destes. Para que tais fatores sejam considerados na concepção de uma instalação, existe a necessidade da utilização no projeto, de ferramentas simplificadas que permitam um fácil manuseio e análise de resultados, servindo como meio de simular as condições dos materiais, forma, insolação e entorno, e que sirvam para o projetista como instrumentos de apoio à sua tomada de decisão (MARQUES et al., 2011).

O conforto ambiental possui caráter interdisciplinar, em que todos os seus conceitos e variáveis térmicas, acústicas e luminosas devem ser pensados para atuar em conjunto com o objetivo de melhorar a qualidade de vida, reduzindo o consumo energético e diminuindo os impactos sobre o ambiente natural (DORIGO, 2006).

A produção animal em países de clima tropical, possui limitações devido ao estresse térmico. É como ocorre na região Nordeste do Brasil, onde o desenvolvimento da atividade agropecuária muitas vezes é prejudicado pelos fatores climáticos, principalmente a temperatura elevada com médias anuais acima dos 25°C e incidência da radiação solar anual de 8-12 h/dia, por acometer diretamente os animais (SOUZA, 2014).

De acordo com Souza (2015), um agravante para o fator limitante de estresse térmico para a produção animal nos trópicos é que as raças selecionadas para produção, no geral, são provenientes de países de clima temperado, impedindo que as mesmas expressem todo o seu potencial genético e toda sua capacidade produtiva. Com isso, é necessário o conhecimento da capacidade de adaptação das raças e espécies exploradas, e das práticas de manejo que permitam uma boa produção, sem prejudicar o bem-estar.

Dessa forma, ainda segundo o autor, a produção pode ser feita com abrigos artificiais com a construção de instalações adequadas ou, naturais, utilizando espécies arbóreas que proporcionem sombreamento suficiente para atender todos os animais. É fundamental o provimento de sombra para os animais criados em regiões de clima quente para favorecer o bem-estar e a máxima produtividade. Segundo Ramos (2018), a sombra pode reduzir em até 51% da carga térmica radiante, diminuindo a exposição à radiação solar direta que altera a resposta fisiológica dos animais.

Conhecer os principais fatores de risco quanto ao bem-estar e ao conforto térmico animal, nas instalações avícolas, permite oferecer aos produtores suporte técnico necessário à reformulação ou reconstrução das instalações com a padronização ao clima da região e a adoção de práticas de manejo que diminuam a necessidade de ações mitigadoras da ambiência associada ao bem-estar animal e as perdas dos processos produtivos, tornando-os mais competitivos e eficientes (DA SILVA, 2015).

Segundo Martin (2008), é grande o desafio, nas condições brasileiras para a definição de um modelo de edificação capaz de proporcionar melhor conforto térmico para os dias quentes e que permita, um isolamento para que o calor gerado internamente não seja facilmente dissipado para o exterior em dias frios. Os aviários devem ser versáteis, com elevado poder de adaptação para atender às condições de frio e de calor, devendo as instalações possuírem dispositivos flexíveis que possam controlar o ambiente interno do aviário.

De acordo com Pagnossin et al. (2016), a sensação de calor que uma mesma temperatura provoca varia com a época do ano e local, a sensação de calor que a temperatura de 30°C proporciona, geralmente, não é a mesma em setembro ou dezembro e também varia de acordo com a região. Isso ocorre porque a sensação de calor não é definida apenas pela temperatura, mas também por outros fatores ambientais, como a umidade do ar, a velocidade do vento, a radiação solar e por fatores individuais, como o metabolismo e o tipo de pele e pelagem animal.

Lima et al. (2014), afirmam que quando os animais ultrapassarem a zona de conforto, não conseguem alcançar a sua produtividade máxima, pois quando as condições ambientais não favorecem a manutenção endotérmica, o animal vai gastar sua energia que seria para o seu desenvolvimento e crescimento para fazer a termólise. Para evitar esse investimento de energia no controle endotérmico é necessário proporcionar condições ambientais favoráveis, disponibilizando sombra de preferência natural, para reduzir a incidência de radiação solar direta sobre os animais.

2.2 Modelagem e ferramentas gráficas no diagnóstico e qualidade ambiental das instalações

O surgimento de novas tecnologias de sistemas de manutenção da estabilidade térmica nos ambientes internos das edificações gerou um maior consumo de energia. Dessa forma, tem-se a necessidade de estabelecer a eficiência energética na concepção dos edifícios. Assim, é de grande valia o uso de ferramentas de simulação e análises energéticas ainda nas fases iniciais do projeto, sendo cada dia mais necessária a sua utilização (LAMBERTS; DUTRA & PEREIRA, 2014)

A representação gráfica de projetos a partir de modelagens tridimensionais tem se tornado cada vez mais utilizada que as representações tradicionais, pois elas vão além, modelando informações do componente e apresentando diversos benefícios, dando mais consistência ao planejamento permitindo a identificação de componentes e interferências

espaciais, quantitativos e cronogramas. Com desenhos mais precisos e com menor tempo de elaboração a modelagem auxilia durante o processo de coordenação e revisão do projeto melhorando a qualidade final (EASTMAN et al, 2011)

A modelagem 3D é um recurso muito utilizado para estudos de planejamento. Através desses modelos é possível realizar investigações e simulações, o que possibilita realizar avaliações sobre mudanças climáticas, ambiência urbana e dinâmicas territoriais. A modelagem de uma estrutura ou sistema buscando compreendê-lo e avaliá-lo de maneira mais dinâmica, disponibiliza uma representação através de uma captura de determinada realidade, onde diversos aspectos podem ser refeitos, controlados e explorados de maneira mais simples e econômica (ROCHA, 2012).

Para Amorim et.al (2014), com o surgimento de novos softwares e o aperfeiçoamento dos existentes, assim como o desenvolvimento de interfaces mais amigáveis voltadas aos projetistas, observa-se, cada vez mais, a facilidade de adoção da avaliação das condicionantes climáticas nas fases de projeto como a compreensão da geometria da insolação. A utilização do software SketchUp® permite ao projetista uma avaliação do sombreamento integrada ao processo do estudo da finalidade de utilização, da orientação e da forma.

2.2.1 Modelagem através do SketchUp

Quando se refere a análise ambiental através da modelagem pode-se utilizar o SketchUp®, que consiste em um software que possibilita a aplicação em uma interface amigável e de fácil manipulação que permite a elaboração de diversos modelos tridimensionais e a identificação de seus elementos que podem ser utilizados para potencializar o planejamento matemático, sendo uma ótima ferramenta voltada para construção de casas, edificações e cidades virtuais (DA CRUZ et al. 2018). A inserção da modelagem tridimensional é capaz de gerar produtos satisfatórios nas expressões projetuais, no que diz respeito a compreensão da forma e a sua relação com o interior da construção (MIRANDA et al. 2019)

Em trabalho realizado por Cunha (2019), para projetar adequações necessárias a reativação de viveiros de várzea para piscicultura na Amazônia o software SketchUp demonstrou grande contribuição na projeção das estruturas para a construção. Segundo o autor a utilização da modelagem tridimensional proporcionou uma melhor visualização das estruturas e processos que devem ser executados, sendo uma solução para dar continuidade às adequações no projeto durante períodos que apresentem impossibilidades de conduzir a construção.

2.2.2 Estudo da insolação nas fachadas utilizando a Carta Solar

De acordo com Bittencourt (1996), a carta solar, diagrama solar ou gráfico solar são interpretações gráficas do percurso do sol na abóboda celeste da terra, nos diferentes períodos do dia e do ano, representado por projeções do percurso solar em um plano, localizando a posição do sol através de duas coordenadas angulares, a altura solar que é o ângulo formado pela projeção horizontal do observador e pelo azimute que é a angulação que se forma da projeção horizontal do raio solar com uma direção estabelecida

A carta solar relacionada com as máscaras de obstrução da abóboda celeste é um recurso bastante útil e simples para verificação do fator de visão do céu, do período de exposição à radiação solar e da estimativa da quantidade de radiação direta e difusa de um determinado ponto, gerando subsídios para a avaliação e o projeto de edificações. Podendo, portanto, ser utilizada para orientação de edifícios, orientação e dimensionamentos das aberturas, análise dos elementos de sombreamento e cálculo de carga térmica (AMORIM et.al, 2014).

De acordo com Townsend e Vieira (2016), o estudo da carta solar auxilia, de maneira simples, a encontrar os ângulos solares que variam de acordo com os períodos do ano e horários do dia, fornecendo informações que acompanhadas de dados climáticos da região estudada e a orientação solar das fachadas analisadas, fornecem conhecimento necessário para planejar um bom uso do equipamento de proteção solar, que se trata de uma solução sustentável, por amenizar o uso de recursos mecânicos para trazer conforto térmico às edificações.

2.3 Orientação e tipologia da instalação e radiação solar

Segundo recomendações propostas por Baêta e Souza (2010), em latitudes próximas do equador os galpões na direção Leste-Oeste tendem a apresentar menor desconforto térmico aos animais, prevendo a baixa penetração direta dos raios solares na instalação. De acordo com Guimarães et al. (2009), o uso de árvores bem localizadas nas laterais dos galpões funcionaria como uma barreira à penetração dos raios solares, o que contribuiria para diminuição da carga térmica no seu interior.

As projeções do comprimento do beiral para aviários recomendadas são de 1,2 a 2,5 metros, diminuindo possibilidade da interferência de chuvas com ventos e raios solares no interior dos galpões (PAULA et al. 2012). Conforme Silva et al. (2016), a altura do pé-direito está associada à largura do galpão e dependendo das características meteorológicas do local, pode-se optar por instalações mais amplas, onde a ventilação

natural possa contribuir com a renovação do ar. Observando a influência da umidade local.

O tamanho da abertura é diretamente proporcional à quantidade de calor que entra ou sai do ambiente. Porém, alterando-se a orientação da fachada, por exemplo, pode-se ter aberturas de dimensões iguais submetidas a diferentes quantidades de calor solar e iluminação natural, pois a trajetória do Sol é diferente para cada orientação e latitude (ROQUE, 2016)

Segundo Neves (2016), apesar do estudo da insolação ser um conhecimento fundamental para construções no Brasil, já que o país possui verões quentes e muito sol no decorrer do ano, o conhecimento das características dos movimentos solares em relação a um empreendimento é atualmente muito pouco considerado no processo de planejamento das edificações brasileiras.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa exploratória, adotando-se um estudo de caso como método para o procedimento, que consistiu na análise da insolação sobre um modelo tridimensional de um galpão aviário localizado no município de Areia-PB, seguindo caracterizações tipológicas mais utilizadas para as condições do agreste paraibano, como relatadas por Furtado (2005). Os resultados foram obtidos através da análise e descrição das imagens feitas a partir das duas ferramentas gráficas utilizadas, a Carta Solar e o software SketchUp®

O Município de Areia localiza-se na microrregião do Brejo Paraibano (6°58' S; 35°42' W) e está na região socioeconômica do semiárido, porém com clima úmido, A altitude local é de aproximadamente 600 m, a temperatura média anual é de 22°C, a umidade relativa do ar oscila em torno de 85% e a precipitação média anual é de 1.450 mm. O clima da região é classificado como As (quente e úmido), de acordo com a classificação de Köppen, correspondendo a ambiente úmido (Figura 1).

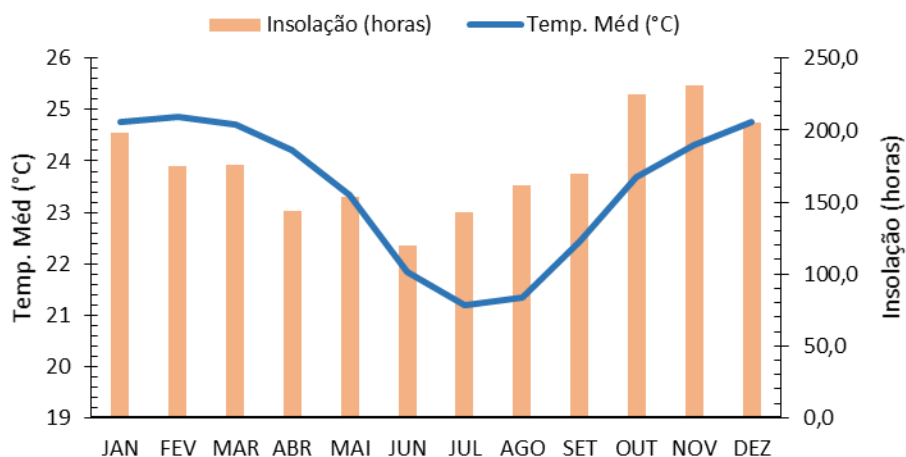


Figura 1: Normais climatológica de temperatura média mensal (°C) e Insolação (horas) para o município de Areia-PB no período entre 1981-2010. Fonte: INMET

O modelo de aviário adotado com base nas caracterizações tipológicas descritas por Furtado (2005), apresentou 20m de comprimento, 12m de largura e 3m altura, com mureta de 0,20m nas paredes laterais. A cobertura com duas águas e inclinação de 47%, os beirais analisados foram de 1,0m e 0,5m de largura (Figura 2).

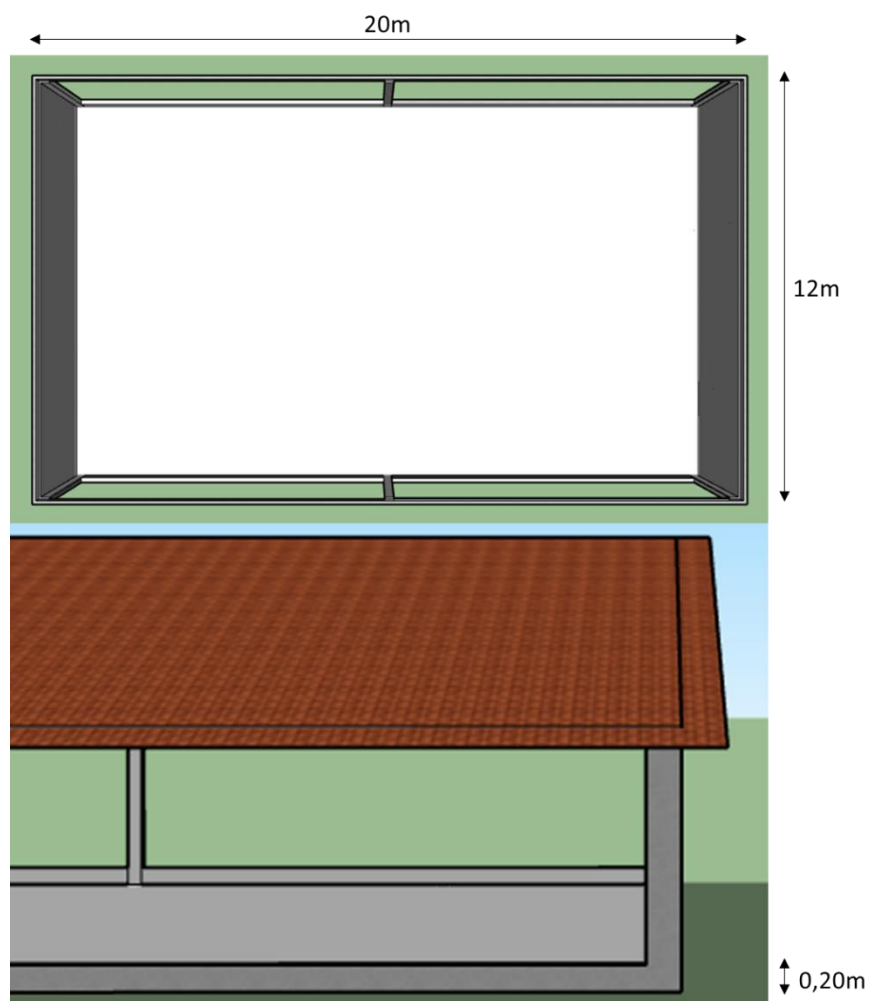


Figura 2: Representado o modelo de galpão aviário na modelagem do SketchUp.

Para que a modelagem expressasse a máxima proximidade das condições reais utilizou-se o ângulo alfa, que é o ângulo interno vertical formado entre a parede e o anteparo solar e que representa a máscara de sombra de uma proteção solar horizontal, aplicado na carta solar, para analisar a capacidade protetiva das diferentes larguras do beiral em barrar a incidência solar de acordo com a sua inclinação (Figura 3).

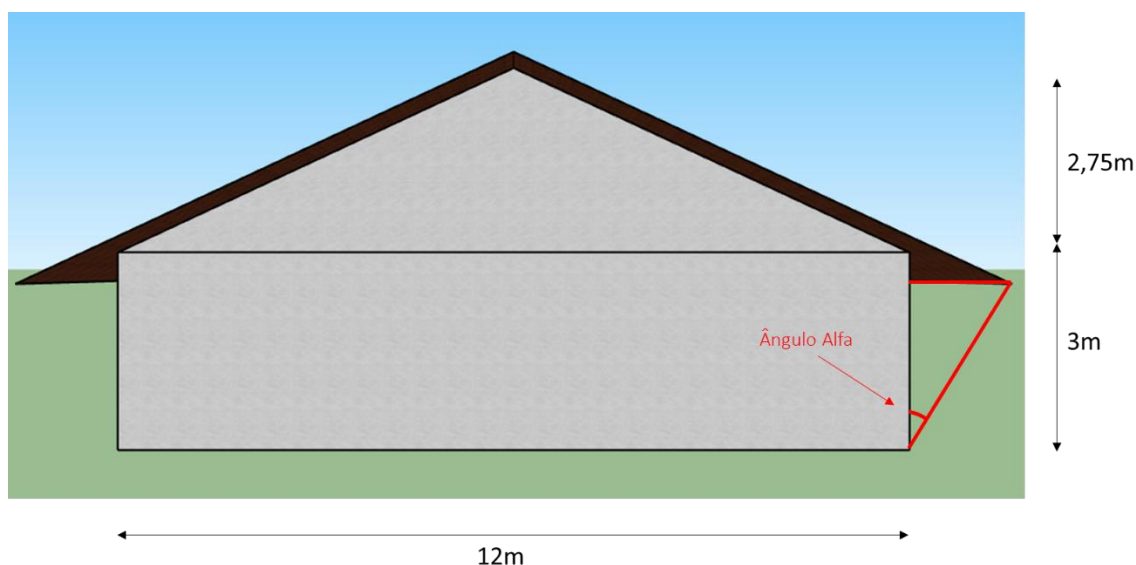


Figura 3: Ângulo alfa representado na modelagem do SketchUp para o modelo de aviário proposto.

Para o modelo de galpão estudado, com 3m de altura e cobertura com inclinação de 47%, o beiral com 1m de comprimento projeta um ângulo alfa na máscara de sombra de 22° e para o beiral de 0,5m a projeção do alfa é de 10° . A diferença angular demonstra através da carta solar que o beiral de 1m vai proporcionar uma maior proteção da radiação direta sobre o galpão com um incremento de 12° na máscara de sombra sobre o beiral de menor dimensão.

3.1. Utilização da Carta Solar

A carta solar foi obtida através do software ANALYSIS SOL-AR que é um programa computacional gráfico desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina que tem por finalidade a geração de cartas solares para latitudes específicas. Com isso utilizou-se a latitude referente ao município de Areia de $-6,97^\circ$.

Na carta solar foi observado o comportamento da trajetória solar para a latitude específica do município de Areia/PB, analisando o regime de incidência solar sobre as

faces da instalação de acordo com a orientação solar em que se encontrava. Foi feita também a avaliação das máscaras de sombra para cada uma das fachadas, através da plotagem do ângulo alfa que foi calculado do modelo tridimensional possibilitando uma reprodução mais realística das máscaras e sombras, como exemplificado na figura 4.

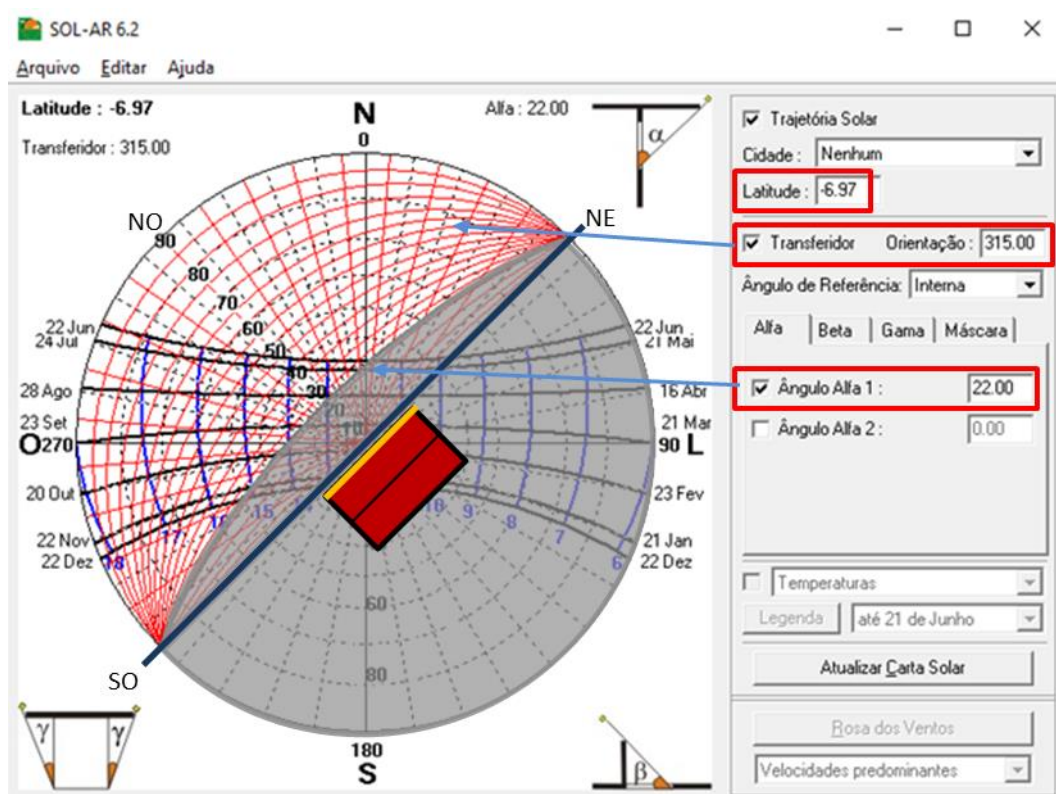


Figura 4: Ângulo alfa de 22° referente ao beiral de 1m, representado na carta solar para a fachada noroeste do galpão no sentido Nordeste-Sudoeste.

O software ANALYSIS SOL-AR também auxiliou com a representação das máscaras de sombra obtidas das duas dimensões das proteções solares utilizadas, que no caso foram os beirais com 0,5 e 1,0m. Possibilitou a reprodução gráfica dos ângulos de projeção, que foram plotados para cada fachada do galpão de acordo com seu direcionamento nas diferentes orientações adotadas (Leste-Oeste, Norte-Sul e Nordeste-Sudoeste), através do transferidor de ângulos.

3.2. Modelagem e análise do galpão aviário no SketchUp®

Para dar início ao estudo solar no software foi criado um modelo tridimensional do galpão aviário e inseridas as coordenadas geográficas do município de Areia. Além das características geométricas do galpão, no SketchUp® também foi estudado o comportamento da insolação no galpão para as três diferentes orientações da cobertura, levando em consideração que o modelo escolhido apresenta duas águas, ficando as

orientações nos sentidos leste-oeste, norte-sul e nordeste-sudoeste. Dessa forma, foi possível observar como se comporta a insolação sobre um galpão de mesmas dimensões em seis situações diferentes no longo do ano

Para a avaliação da insolação sobre as fachadas nas diferentes situações no decorrer do dia foi escolhido o período de análise entre as 9:30 e 15:30, fazendo imagens de todas as fachadas em três horários distintos que foram 9h e 30min, 12h e 30min e 15h e 30min, pois representa o intervalo de tempo com as maiores temperaturas, e nos diferentes períodos do ano, considerando os solstícios de Verão e Inverno e os equinócios de Outono e Primavera.

Os solstícios e equinócios são marcados por culminações zenitais do sol sobre os trópicos e o equador, respectivamente, ocorrendo durante o ano dois solstícios, um no dia 22 de junho para o trópico de câncer marcando o início do inverno e outro no dia 21 de dezembro no trópico de capricórnio iniciando o verão, no hemisfério Sul. Os equinócios ocorrem no dia 21 de março e 23 de setembro, datas que marcam o início do outono e verão respectivamente no hemisfério sul (VAREJÃO-SILVA, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Carta solar e Trajetória solar

Ao analisar a Carta Solar do município de Areia-PB (Figura 5) de maneira mais ampla, sem as máscaras de sombra de ângulos formados pelos anteparos solares e sem atribuição da edificação específica, observa-se que, devido à latitude local, para qualquer edificação, a trajetória solar proporciona uma maior incidência de radiação na face que fica voltada para o norte ao longo do ano, predominantemente no inverno e outono. À medida que vai se aproximando do verão os dias ficam mais longos aumentando a insolação diária nas faces voltadas para o sul. As faces voltadas para o leste estão sujeitas a receber insolação no período matutino e as voltadas para o oeste no período vespertino em todas as estações do ano.

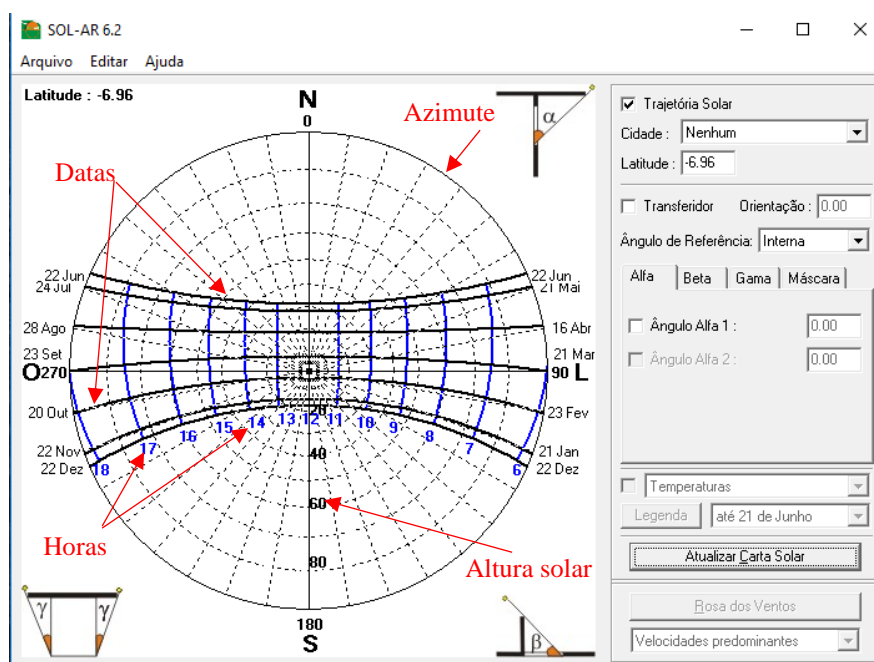


Figura 5: Carta solar para o município de Areia-PB. Fonte: Programa Analysis SOL-AR.

De acordo com Chvatal (2016), em latitudes próximas a 40° , no Inverno as temperaturas geralmente são inferiores à faixa de conforto das aves indicando a necessidade de utilização de aquecimento suplementar. As zonas voltadas ao sul são menos frias, devido ao fato dessa orientação ser a mais favorável no Inverno, por receber insolação durante todo o dia. O mesmo não se pode dizer para as latitudes negativas, referentes ao hemisfério sul, como é o caso de Areia, onde a fachada sul não recebe luz solar durante todo o ano durante o dia, no inverno.

4.1.1 Análise da Carta Solar para edificações nas diferentes orientações adotadas

Com a edificação no sentido Norte-sul, as faces apresentando maior dimensão ficarão posicionada para o Leste-Oeste e os oitões da instalação, com a menor dimensão, ficarão com suas faces locadas para o sentido Norte-Sul. Com a orientação Leste-Oeste há uma inversão ficando as fachadas de menor dimensão (largura) para Norte-Sul e as de maior dimensão (comprimento) para Leste-Oeste, o que seria ideal quando se têm em mente a real finalidade de se investir em coberturas, gerando maior sombreamento nas paredes que ficam no comprimento da edificação e, que nos galpões aviários, apresentam-se abertas para o melhor aproveitamento da ventilação natural. .

De acordo com a carta solar (Figura 6), analisando as fachadas da edificação sem levar em consideração a utilização de técnicas de sombreamento, pode-se inferir que, as aquelas voltadas para leste são propensas a receber a radiação solar direta no período da

manhã até próximo às 12h sendo que nos últimos meses do ano, quando vai se aproximando do verão, os dias vão ficando mais longos e como maior insolação. As fachadas direcionadas para oeste estão sujeitas a receber incidência da radiação após as 12h, durante todo o ano, com término em torno das 18 horas no verão e um pouco mais cedo no inverno, próximo as 17h e 30min.

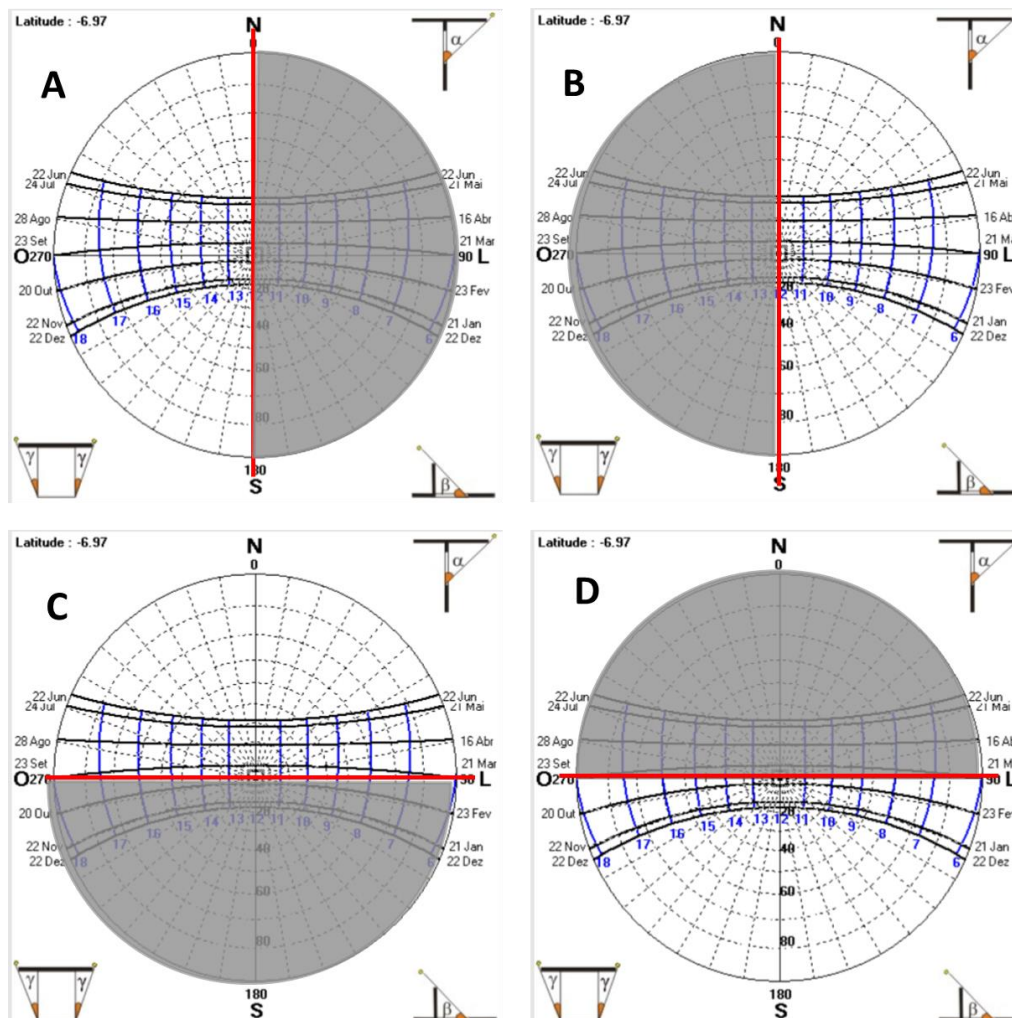


Figura 6: Orientação solar para uma instalação no posicionamento Leste-Oeste e Norte-Sul para o município de Areia-PB A: fachada direcionada para oeste; B: fachada voltada para leste; C: fachada voltada para o sul; D: fachada voltada para o norte.

É possível verificar que a fachada direcionada para o norte está sujeita a receber insolação direta durando todo o dia, aproximadamente das 6h e 30min até as 17h e 30min, do final de março ao final de setembro, período que compreende ao outono e ao inverno no hemisfério sul. Quando vai se aproximando da primavera há uma redução no período de insolação durante o dia, compreendido entre 8h e 16h. Partindo para o início do verão, a fachada deixa de receber a radiação solar direta no decorrer do dia permanecendo sombreada durante todo verão em todas as horas do dia.

Na fachada voltada para o sul a incidência solar se dá durante o começo de outubro até início de março, períodos da primavera e do verão, se estabelecendo durante todas as horas do dia, que compreende das 6h até as 18h com término no pôr do sol. Durante as estações de outono e inverno não apresenta insolação.

Para a edificação no sentido Nordeste-Sudoeste (Figura 7), de acordo com a carta solar, as fachadas voltadas para noroeste e sudoeste receberam a maior parte da insolação no período da tarde e as fachadas nordeste e sudeste no período da manhã.

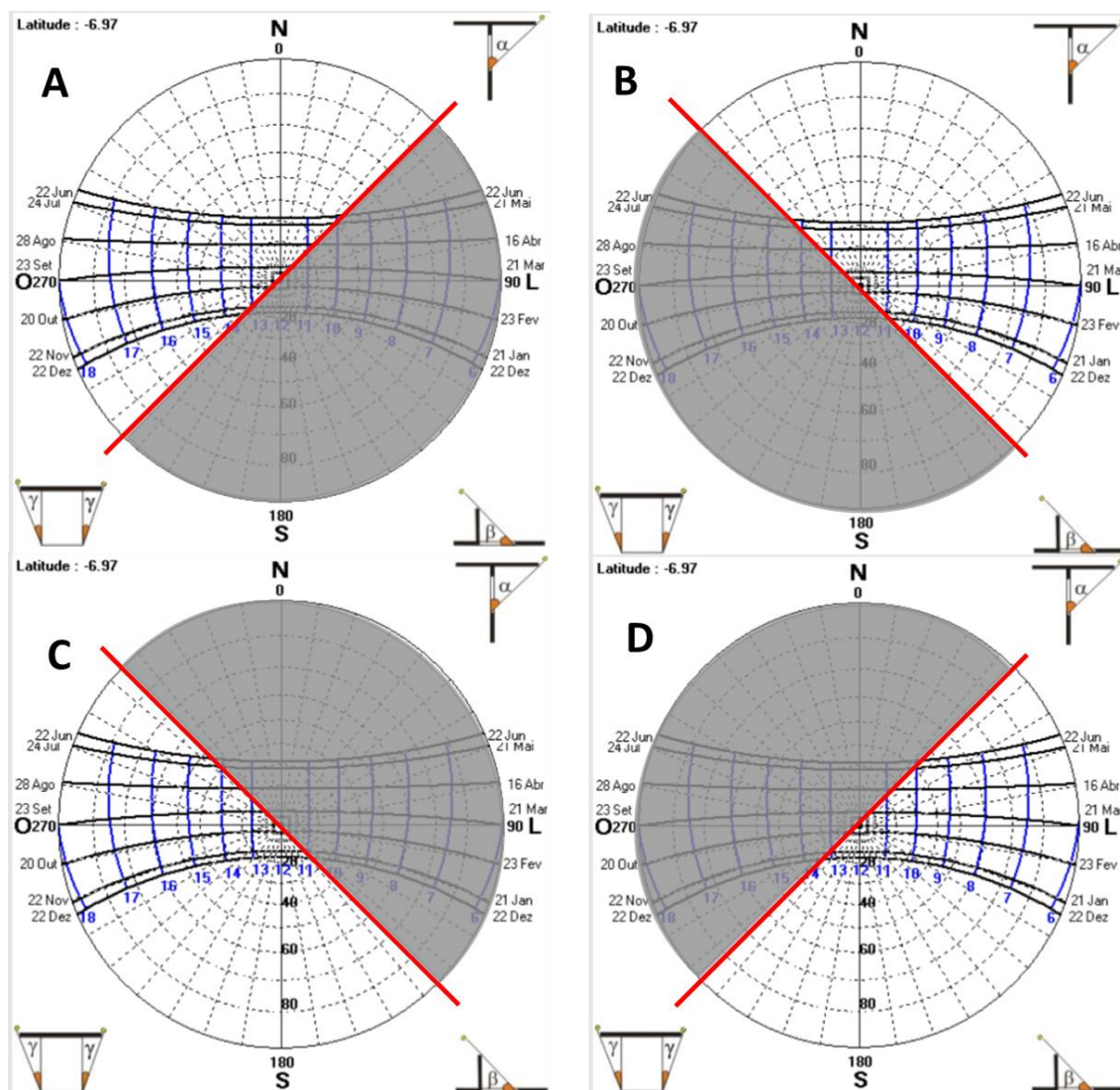


Figura 7: Orientação solar para uma instalação no posicionamento Nordeste-Sudoeste para o município de Areia-PB A: fachada direcionada para noroeste; B: fachada voltada para nordeste; C: fachada voltada para o sudoeste; D: fachada voltada para o sudeste.

A fachada noroeste vai estar sujeita a receber um maior período de incidência solar durante o dia no inverno, iniciando aproximadamente a partir das 10h e 30min e indo até

as 17h. Esse período de insolação diário vai diminuindo no decorrer do ano onde, no verão entre as 13h e 30min às 18h.

No decorrer do ano a fachada nordeste vai receber insolação por mais horas durante o período do outono e inverno iniciando das 7h indo até as 14h. Nos meses que compreendem o verão, quando ocorre incidência solar por um período mais curto durante o dia, incidindo das 6h até as 10h e 30min.

Para a fachada a sudeste a incidência solar vai ser bem maior no período do verão, com raios solares incidindo desde as 6h da manhã até as 13h. Nas demais épocas do ano a insolação vai diminuindo devido a declinação solar, onde no período do inverno apresenta o menor tempo de insolação durante a manhã. Comportamento similar pode ser observado para sudoeste, em que no verão o período de incidência solar é bem maior que no inverno ficando exposta no período da tarde, desde as 11h até o final do dia e no inverno começando por volta das 14h e 30min. Para melhor entendimento pode ser observado a tabela 1.

Tabela1: Intervalo de insolação sobre as fachadas nas diferentes orientações e épocas do ano de acordo com a carta solar.

Intervalo de Insolação (h)				
Orientação	FACHADA	Solstício de Verão	Solstício de Inverno	Equinócio
L-O / N-S	Leste	6h às 12h	6h30 às 12h	6h às 12h
	Oeste	12h às 18h	12h às 17h30	12h às 18h
	Norte	S/I*	6h30 às 17h30	7h às 17h
	Sul	6h às 18h	S/I*	S/I*
NE-SO	Nordeste	6h às 11h	6h30 às 14h	6h às 12h30
	Sudeste	6h às 13h	6h30 às 10h	6h às 11h30
	Sudoeste	11h às 18h	14h30 às 17h30	12h30 às 18h
	Noroeste	13h30 às 18h	10h às 17h30	11h30 às 18h

*Sem insolação

A carta solar representa a trajetória solar baseada no azimuth e na altura solar para determinada latitude o que garante a precisão dessa projeção. De acordo com Perez (2016), a latitude e o azimuth do ponto analisado são fatores essenciais para saber como se dá a radiação solar incidente sobre as fachadas da edificação e o quanto esta irá penetrar através das aberturas, o quanto vai sombrear determinadas áreas e irradiar outras, como projetar uma utilização eficaz da luz natural, que irá reduzir o uso de iluminação artificial, quanta carga térmica o ar condicionado terá que neutralizar.

4.2. Análise da insolação sobre o modelo de um galpão aviário

As metodologias para análise da insolação sobre as edificações apresentam-se como alternativas viáveis de diagnóstico do comportamento da instalação ainda não implantada. Porém, no uso desses recursos encontram-se limitações que podem gerar resultados incompatíveis com o que se apresenta na realidade. Dessa forma, uma estratégia para melhorar o diagnóstico seria a utilização de metodologias complementares, que se configura como a base desse estudo.

Apartir da análise da normal climatológica de temperatura e insolação para o município de Areia foi possível observar que o período que se tem as temperaturas mais elevadas é aquele que compreende entre os meses de Dezembro e Março, período correspondente ao verão no hemisfério sul. As menores temperaturas ocorrem no período do inverno acompanhadas de menos horas de insolação e os meses com maior insolação são aqueles entre a primavera e verão.

Como o verão apresenta as temperaturas mais elevadas e um dos maiores períodos de insolação avaliou-se o comportamento da edificação, principalmente nessa estação com relação a incidência solar sobre a construção, pois vai apresentar os dias mais críticos no que se diz respeito ao desconforto térmico devido a temperaturas mais elevadas.

Na época do verão a taxa de ganhos térmicos e solares aumenta o que acarreta na elevação das temperaturas no interior das edificações, gerando desconforto térmico, pois as temperaturas ficam eventualmente acima dos limites de conforto. No Verão, é necessário controlar os ganhos internos e solares (CHVATAL, 2016)

O acondicionamento térmico natural, sem o uso de aparelhos, tem como recursos a adequada locação do galpão, a orientação, a ventilação natural e o uso de materiais de grande capacidade calorífica, que resistam às mudanças bruscas de temperaturas, como os materiais de alvenaria e da cobertura. Segundo Oliveira et al. (2000), o comportamento de manter a temperatura estável desempenhado pelos materiais indica que o material isolante térmico auxilia na manutenção da temperatura constante reduzindo a amplitude térmica.

Com isso, as faces da construção quando possuem vedação com alvenaria, como no caso dos oitões (menor dimensão) do modelo do galpão aviário, não permitem a entrada da radiação direta através delas para dentro do galpão, sendo por si só, a alvenaria, uma técnica construtiva passiva que contribui com a inércia térmica no galpão. Com isso as fachadas possuindo aberturas e maior dimensão na instalação, serão o principal foco da

avaliação, pois são mais propensas ao efeito de ganhos térmicos devido a insolação demonstrando a importância da escolha adequada da orientação.

De acordo com Zaki et al. (2007), a construção possui uma arquitetura passiva quando a própria edificação é feita e planejada para ser responsável por suas condições climáticas que tragam o conforto ao seu interior. A terminologia expressa, a capacidade defensiva e protetora que a instalação tem frente aos elementos climáticos.

4.2.1. Orientação Leste-Oeste

Para o galpão aviário, independente da época do ano, no município de Areia a instalação no sentido Leste-Oeste se mostra como a orientação mais favorável, ainda mais para galpões aviários que possuem aberturas nas fachadas laterais, permitindo que essas faces permaneçam com menor incidência de radiação durante o ano, diminuindo a entrada de radiação diretamente no galpão o que contribui com o conforto térmico da instalação e diminuindo o estresse dos animais.

De acordo com Konya (1980), para as construções nos trópicos, é recomendável dispor a instalação com geometria retangular e mantê-la alongada no sentido Leste-Oeste, promovendo a diminuição ou limitação a exposição nas fachadas leste e oeste.

Com a edificação no sentido Leste-Oeste, além de ganhos com resultados mais promissores ao reduzir a insolação nas fachadas laterais direcionadas para leste e oeste, se reduz a distância entre as paredes norte e sul favorecendo a ventilação cruzada (TOMBAZIS & PREUSS 2001).

Durante o verão, que apresenta as maiores temperaturas, o galpão não recebe insolação direta dentro da instalação pela fachada norte (Figura 8). Isso pode-se dizer também para as imagens avaliadas nos equinócios de outono e primavera, onde a fachada norte se comportou de maneira similar ao que pode ser observado no solstício de verão, permanecendo sombreada durante o horário de avaliação que foi de 9h e 30min até as 15h e 30min.

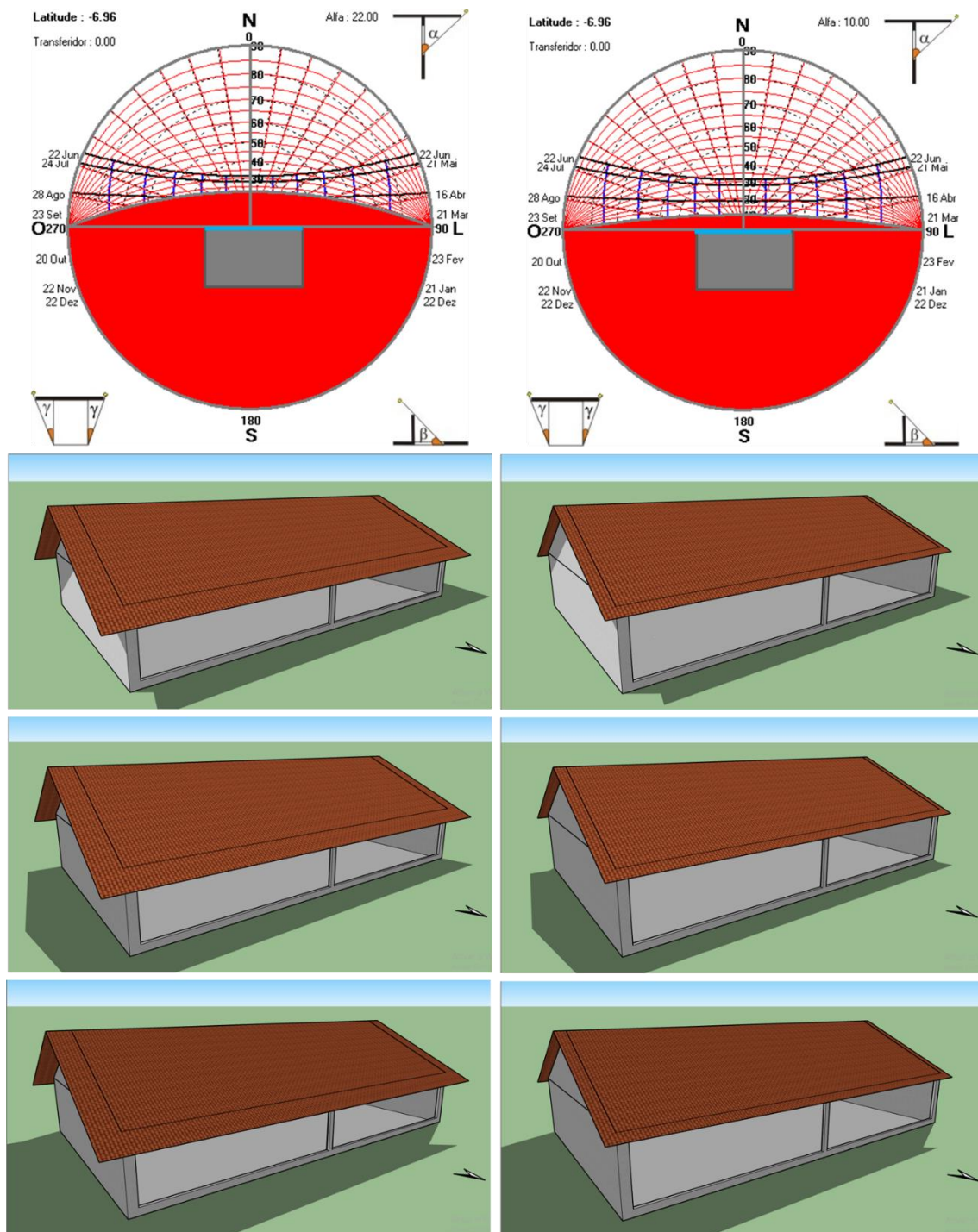


Figura 8: Fachada Norte com o galpão em sentido Leste-Oeste e beirais de 1m e 0,5m para o dia 21 de dezembro, solstício de verão.

Como pode-se observar na carta (Figura 9), devido a declinação solar, a fachada norte está sujeita a receber insolação principalmente no período de inverno, mesmo com o beiral de 1m. A sombra gerada pelo beiral não é suficiente para impedir a incidência solar nos horários de maior irradiância entre maio e julho. Como esse período apresenta os menores tempos de insolação e as temperaturas mais baixas, essa fachada não é

considerada uma das mais crítica no que diz respeito ao desconforto térmico devido a entrada de luz solar no interior do galpão, com essa dimensão de beiral.

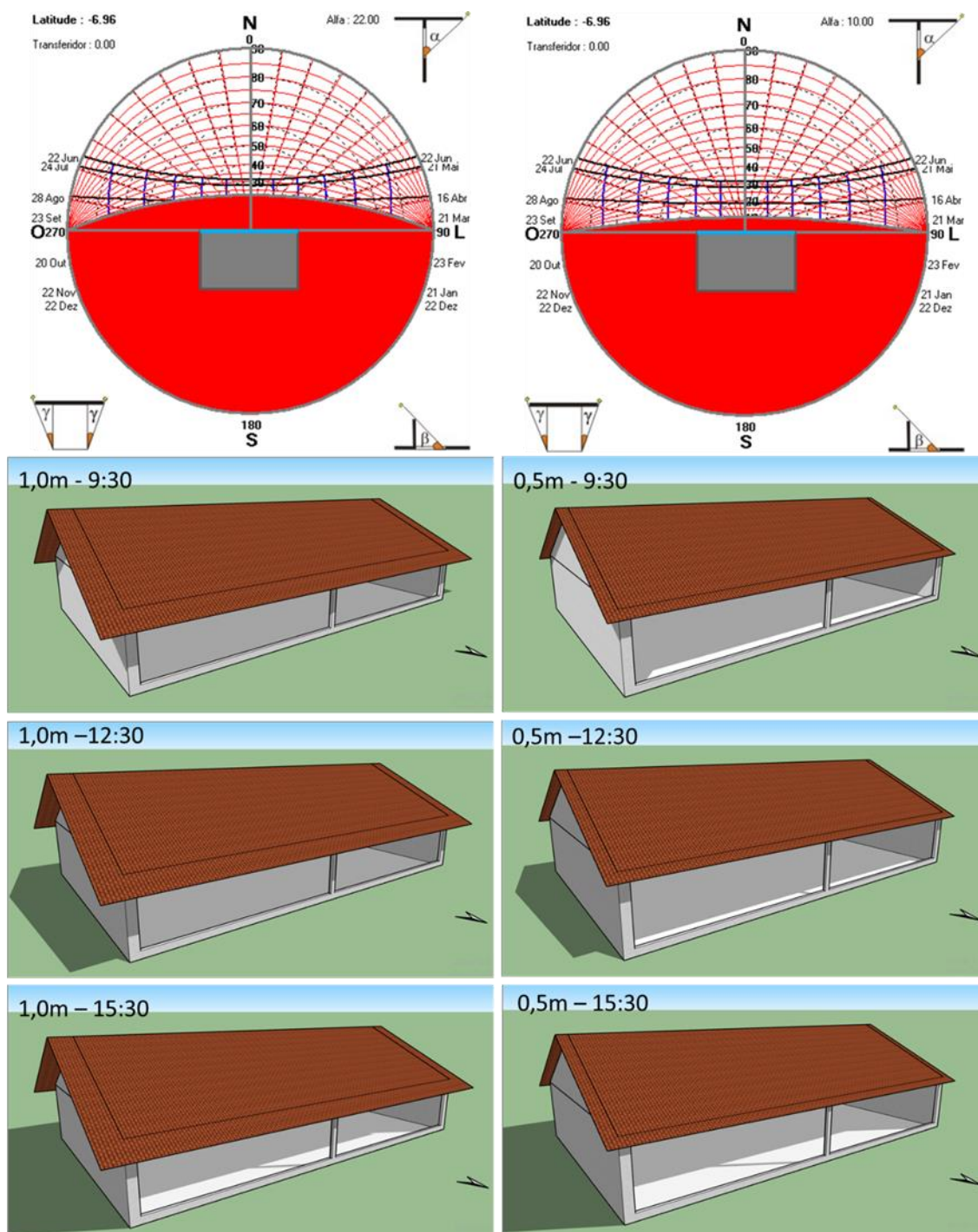


Figura 9: Fachada Norte com o galpão em sentido Leste-Oeste e beirais de 1m e 0,5m para o dia 22 de junho, solstício de inverno.

Para o beiral de 0,5m o comportamento é diferente, a radiação solar invade o galpão desde o período da manhã. Para o beiral de 1m a radiação incide sobre a fachada desde o período da manhã, porém com o ângulo alfa de 22°, e a luz solar só se estende para o

interior da instalação no período da tarde. Com isso pode-se dizer que para a fachada norte a condição que tem a maior exposição a luz solar é no período do inverno com o beiral de 0,5m o que se torna interessante por pelo fato de a localidade apresentar um clima mais frio.

Observando a carta solar é possível inferir que para o dia 22 de junho, como no caso avaliado, a fachada a norte recebe insolação com os beirais de 1m e 0,5m, mas apenas olhando a carta com as máscaras de sombra não dá para identificar como essa insolação se comporta na fachada analisada.

Com o auxílio das imagens feitas no SketchUp® foi possível obter informações visuais precisas de como a incidência da luz solar afetou a fachada analisada, dando também a possibilidade de mensurar essa projeção de sombra, o que dá uma ideia mais próxima da realidade facilitando a tomada de decisão sobre qual técnica construtiva é necessária para oferecer o sombreamento mais adequado na hora do planejamento, o que gera economia financeira e otimização do tempo.

Entre os meses de novembro e janeiro, que corresponde a boa parte do verão, o beiral de maior dimensão na fachada sul é eficiente para impedir a incidência de luz solar para dentro do galpão no período diário que vai das 9h e 30min até aproximadamente as 14h, após isso a incidência solar começa a atingir a face sul (Figura 10). Observando a figura 10, a partir das 15h a luz solar já começa a invadir a o galpão, o que denota o avanço dessa insolação nas horas seguintes. Sendo assim, no período do verão, a face sul vai receber uma maior quantidade de insolação que a face norte.

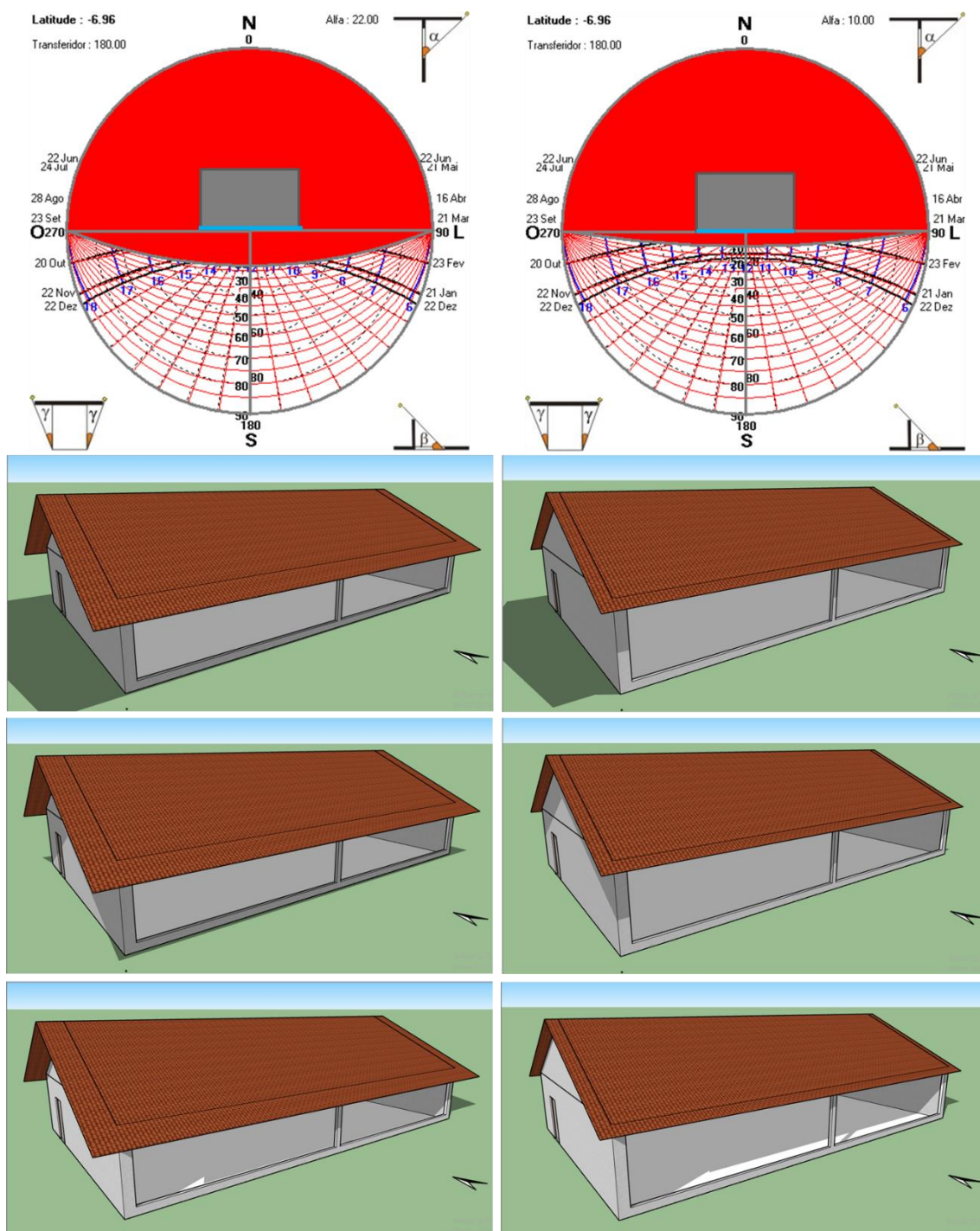


Figura 10: Fachada Sul com beiral de 1m no galpão em sentido Leste-Oeste e beirais de 1m e 0,5m para o dia 21 de dezembro, solstício de verão.

Quando aplicado o beiral de 0,5m observou-se que o sol começa a incidir sobre a fachada sul no período da manhã e adentra na instalação no período da tarde de forma mais acentuada se comparado com o efeito do beiral de 1m. Como o verão apresenta dias mais longos, às 15h e 30min com a incidência solar no interior do galpão o desconforto térmico será um problema, até mesmo depois das 16h, antes do Sol se pôr, aumentando o período que os animais podem estar sendo submetidos ao estresse térmico.

A radiação solar começa a incidir sobre a fachada sul à medida que se aproxima do verão. Nos demais períodos do ano a fachada sul, mesmo com o beiral de 0,5m permanece sombreada como pode-se observar na projeção da sombra para o equinócio de primavera (Figura 11) onde a fachada está completamente sombreada durante todo o dia.

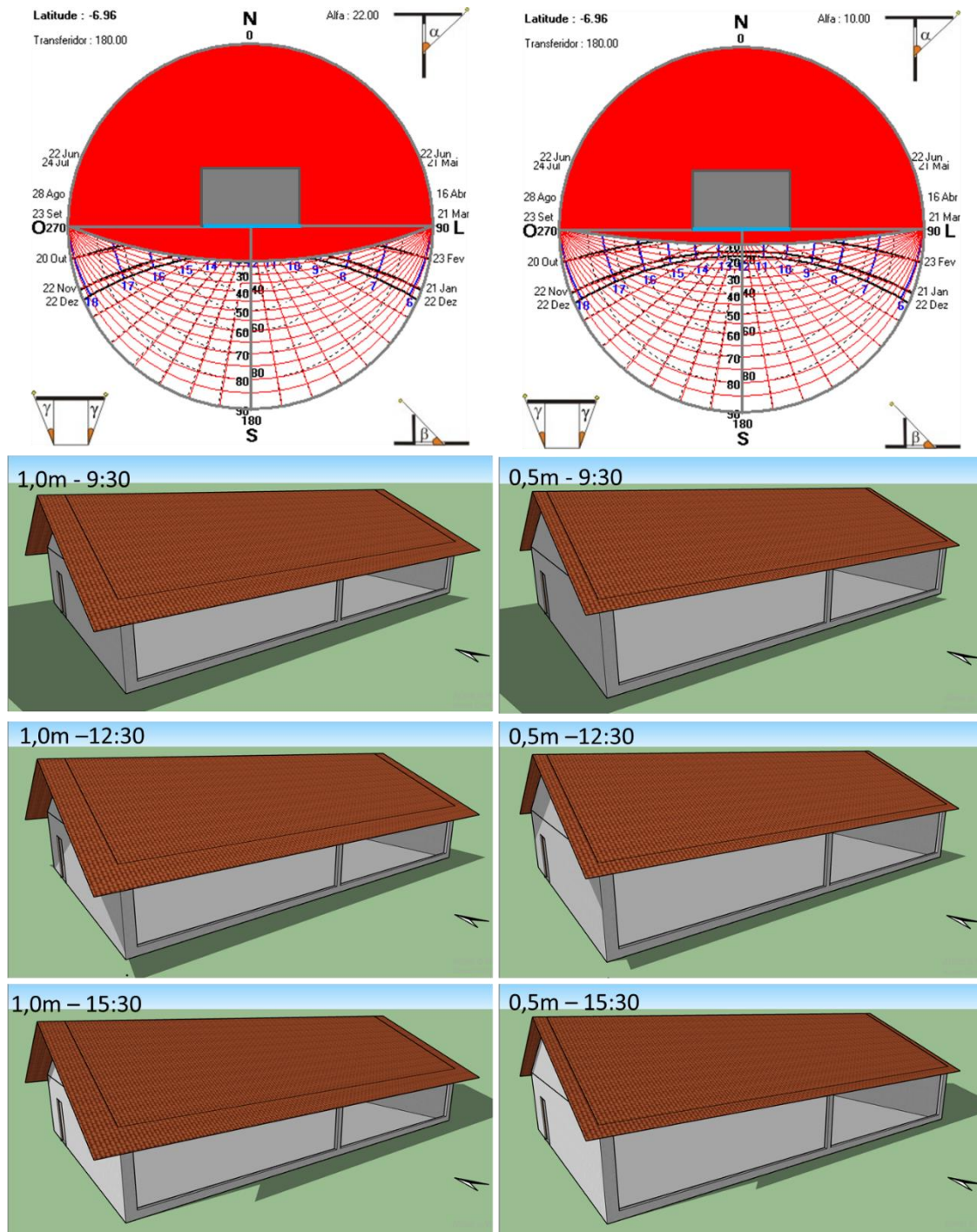


Figura11: Fachada Sul com o galpão em sentido Leste-Oeste e beirais de 1m e 0,5m para o dia 23 de setembro, solstício de Primavera.

Apesar da fachada sul receber maior insolação nos períodos mais quentes, ao longo do ano a fachada norte recebe um período de insolação bem maior, comportamento característico de latitudes ao sul da linha do equador.

Em edificações sujeitas a condições de frio o excesso de insolação nas fachadas nesse período apresenta vantagem. Esse aproveitamento do calor advindo da insolação solar pode constituir-se em aquecimento solar passivo, que é indicado como estratégia térmica para aquecimento ambiental da edificação (PROJETEEE, 2019).

Para as fachadas voltadas a leste e oeste, uma forma muito simples de ganhar redução no consumo de energia com resfriamento de uma instalação pelo ganho de calor decorrente da intensidade da radiação solar sobre as superfícies externas é a aplicação de pinturas de cores clara, o que é uma prática efetiva e econômica.

A partir de imagens termográficas feitas nos oitões de um galpão aviário orientado no sentido Leste-Oeste feitos de alvenaria, Abreu (2010) analisou o efeito da pintura sobre as paredes. Na parede sem pintura observou maior capacidade de absorção da radiação solar identificado pela maior transmissão de calor para o interior do aviário enquanto a parede pintada de branco teve maior capacidade de reflexão da radiação solar e menor transmissão de calor. Onde na fachada oeste observou uma redução de mais de 10°C na temperatura da parede que estava com a pintura branca.

4.2.2. Orientação Norte-Sul

Com esta orientação as fachadas laterais, sentido do comprimento, possuindo as aberturas ficam voltadas para Leste-Oeste; por possuírem esse direcionamento cada face permanece recebendo insolação no mesmo período de horas do dia no decorrer do ano. Na fachada leste verifica-se incidência da radiação solar direta ao longo das primeiras horas do dia (Figura 12), e para a fachada oeste a incidência solar direta se dá no período da tarde.

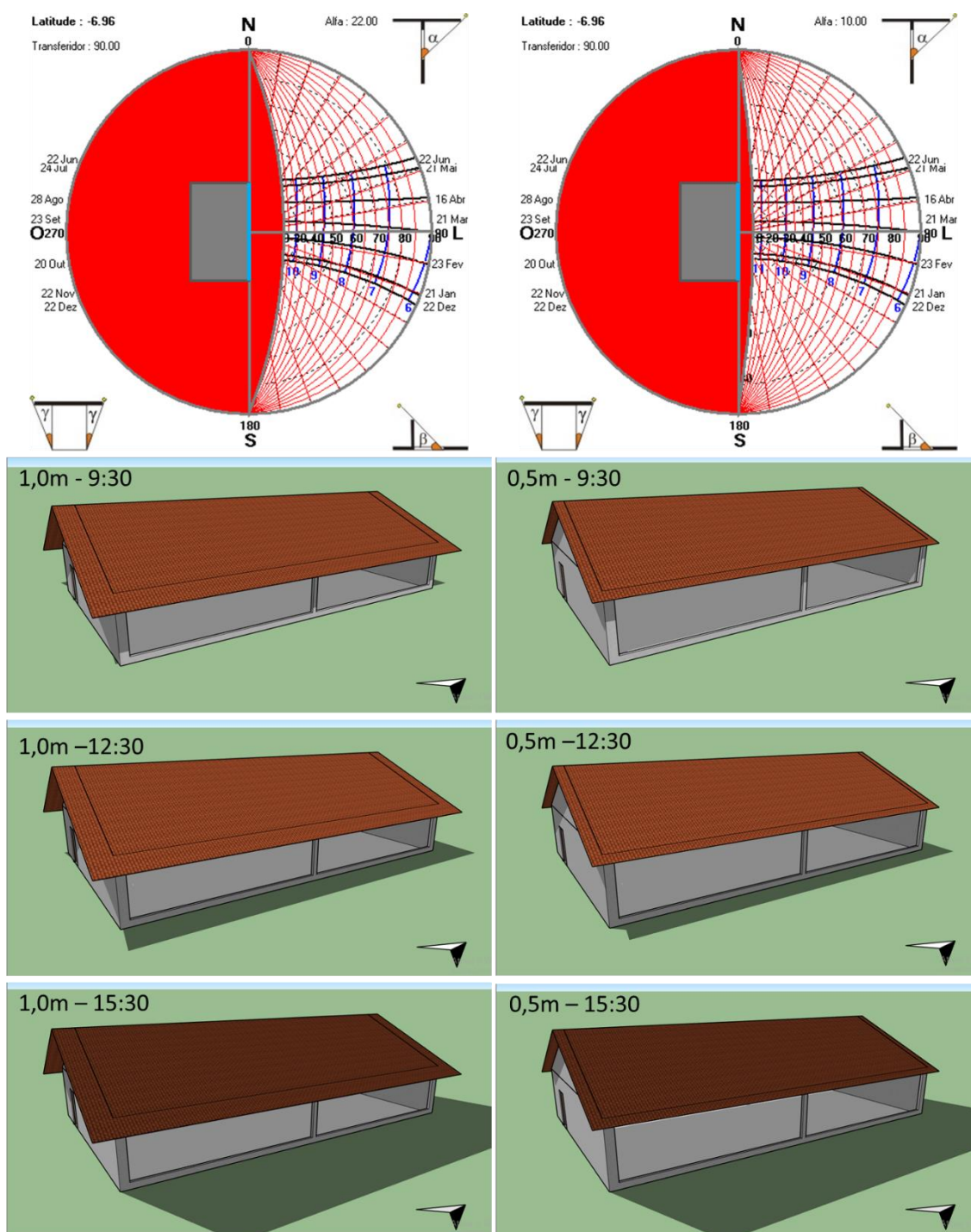


Figura 12: Fachada Leste com o galpão em sentido Norte-Sul com o beiral de 1m e 0,5m para o dia 21 de dezembro, solstício de verão.

De acordo com a máscara de sombra, para um ângulo alfa de 22° na carta solar foi possível observar que a fachada leste só recebe insolação direta até as 10h e 30min, a partir desse horário o beiral de 1m consegue inibir a incidência da insolação, inferindo-se que sem o beiral, a fachada estaria sujeita a receber insolação direta até próximo às 12h.

Quando adotado o beiral de 0,5m (Figura 13), para a fachada leste às 9h e 30min o sol ainda está incidindo dentro da instalação e, de acordo com a máscara de sombra para

o ângulo alfa de 10° na carta solar, a fachada fica recebendo insolação até próximo as 11h e 30min para qualquer período do ano.

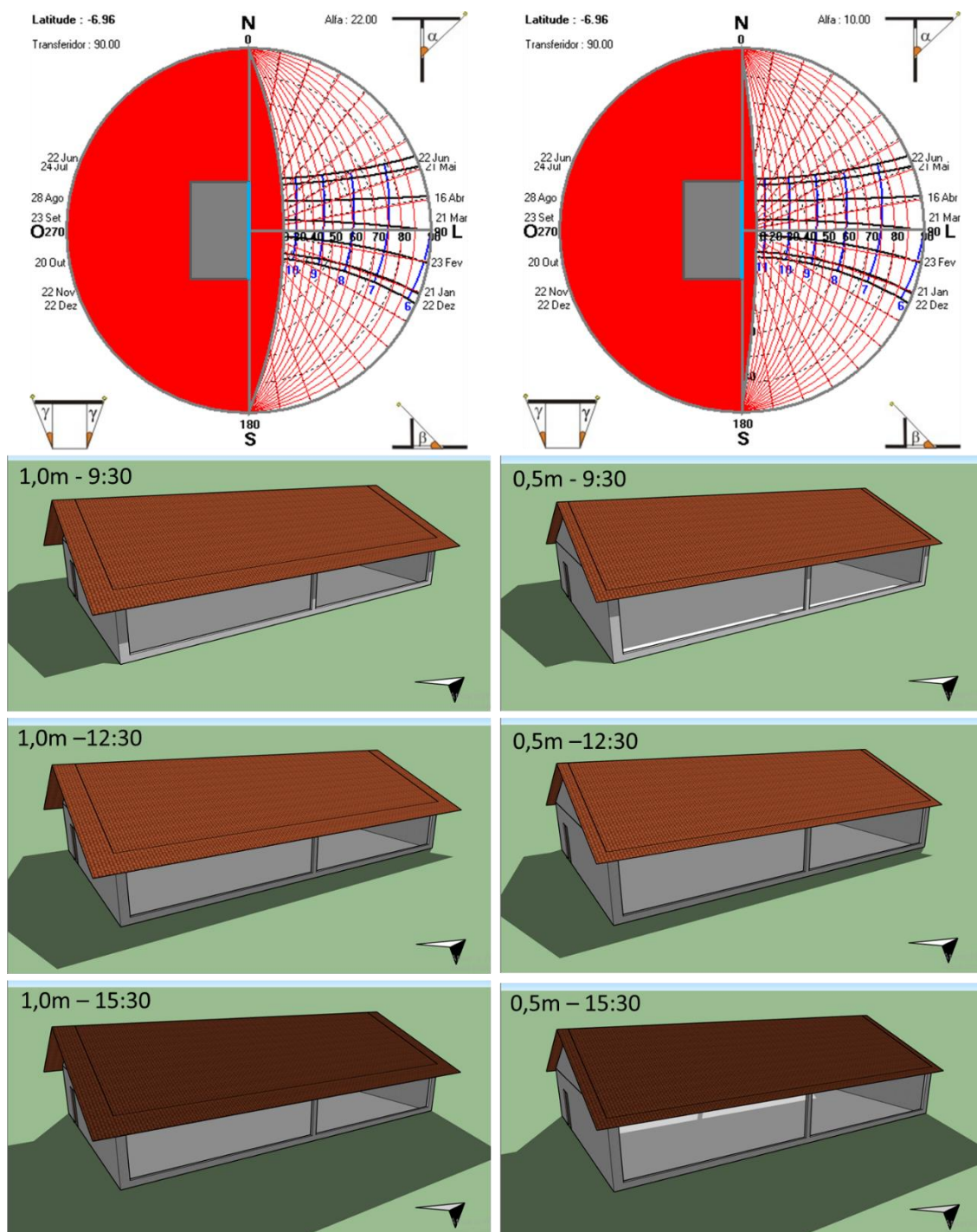


Figura 13: Fachada Leste com o galpão em sentido Norte-Sul com o beiral de 1m e 0,5m para o dia 22 de Junho, solstício de inverno.

Para o período analisado, que compreendeu as horas em que as temperaturas do dia são mais elevadas, a fachada oeste fica sujeita a exposição solar direta por mais tempo quando comparada com a leste. Com o beiral de 1m a fachada oeste fica protegida da insolação direta até aproximadamente 13h, como pode ser observado na máscara de

sombra da carta solar e nas imagens do SketchUp®, com sombreamento da fachada até próximo às 12h e 30min (Figura 14).

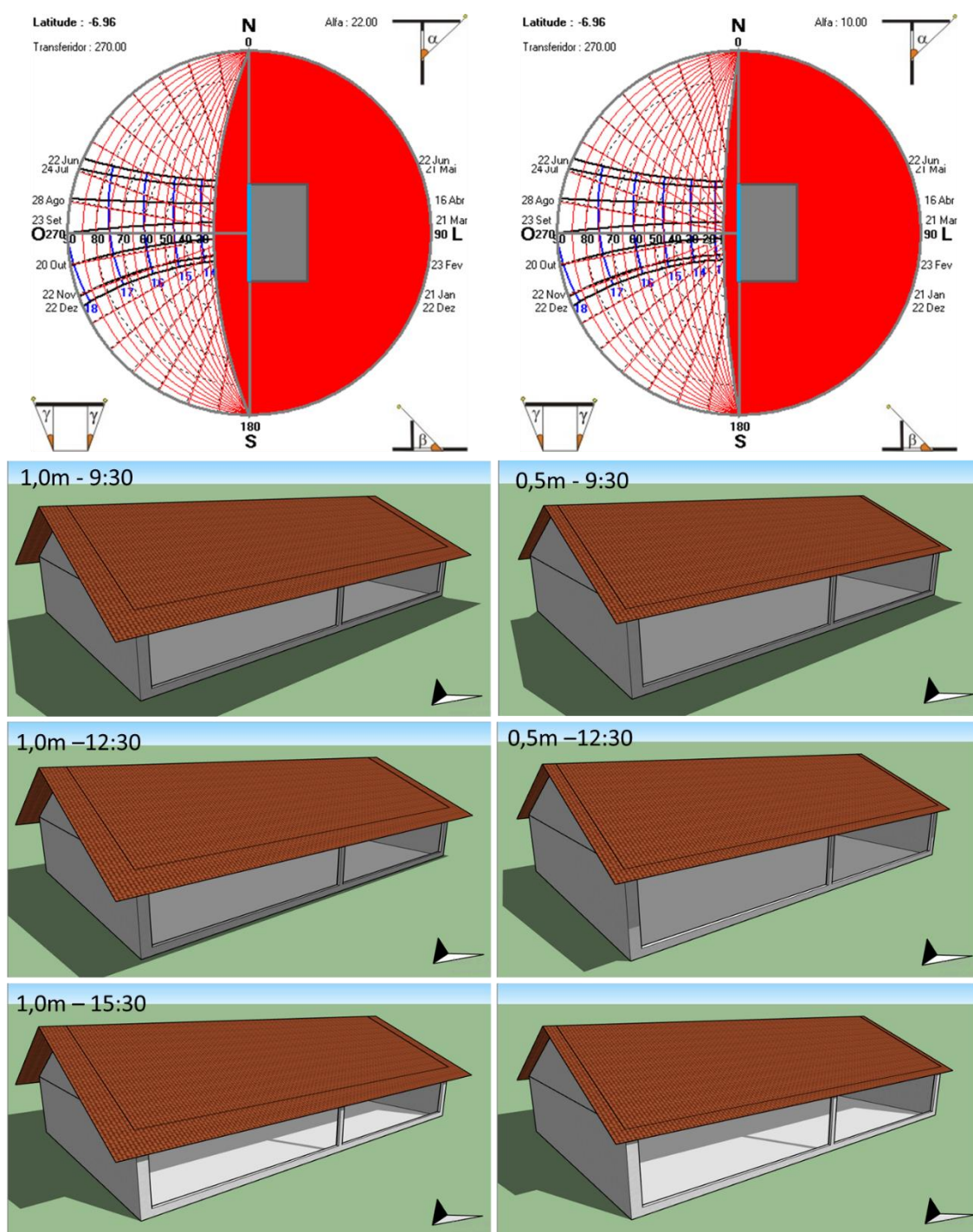


Figura 14: Fachada Oeste com o galpão em sentido Norte-Sul com o beiral de 1m e 0,5m para o dia 21 de dezembro, solstício de verão.

Quando se observa a fachada oeste com o beiral de 0,5m nota-se que a partir das 12h e 30min a insolação começa a atingir a fachada, exatamente como previsto na carta solar onde com a máscara de sombra e ângulo alfa de 10° a face fica exposta a insolação a

partir de aproximadamente 12h e 30min demonstrando semelhança entre as duas ferramentas gráficas utilizadas nas análises.

Para esse posicionamento durante o decorrer do ano, mesmo com as culminações solares dos solstícios e equinócios, a insolação diária vai se comportar sempre seguindo o mesmo período de exposição à radiação solar nas fachadas laterais, sendo a fachada oeste a receber uma maior carga térmica, devido a maior carga de radiação direta nos horários mais quentes do dia, chegando o feixe de raios solares adentrar o ambiente interno do galpão nesse período.

4.2.3. Orientação Nordeste-Sudoeste

Como foi explanado anteriormente, a orientação mais recomendada para Areia, objetivando conforto térmico em consequência de altas temperaturas, seria a Leste-Oeste por causa das condições geográficas em que se encontra. Porém, nem sempre é possível construir seguindo essa recomendação, principalmente quando os terrenos apresentam alguma declividade, o que pode onerar a obra com estruturas de fundação.

Em casos onde a orientação não é possível de ser empregada, uma das alternativas seria a orientação Nordeste-Sudoeste, que apesar de proporcionar alguma insolação direta nas fachadas relativas ao comprimento da edificação, acredita-se que essa, para as condições de Areia, será menor que aquela observada quando orientada a Norte-Sul.

Para orientação do galpão no sentido Nordeste-Sudoeste a instalação ficou direcionada à 45° em relação ao norte assim suas fachadas laterais com maior dimensão ficam voltadas nesse sentido (Figura 15), sendo o posicionamento intermediário entre as orientações anteriormente analisadas demonstrando como se comportaria o galpão nessa situação.

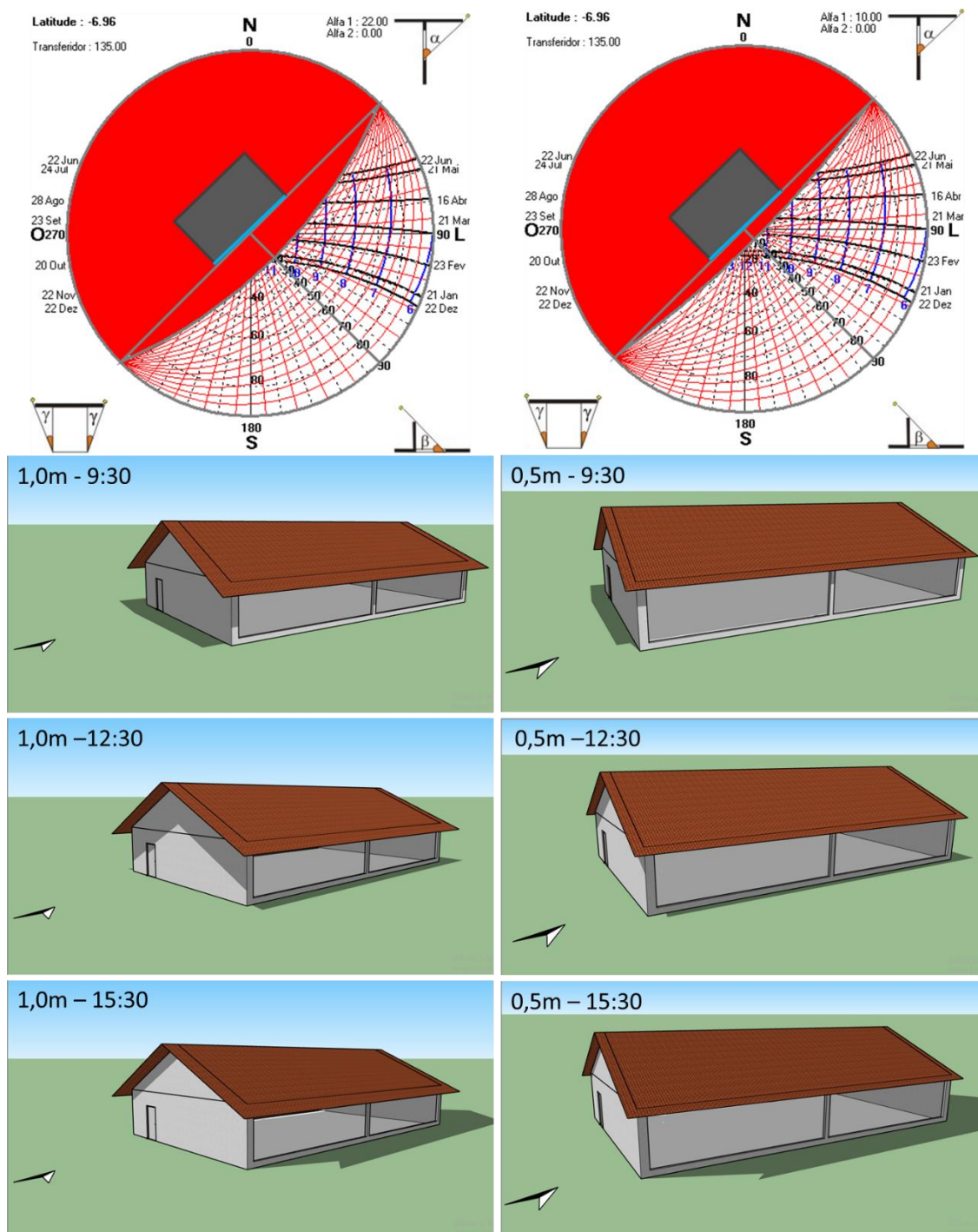


Figura 15: Fachada Sudeste com o galpão em sentido Nordeste-Sudoeste com beiral de 1m e 0,5 para o dia 22 de dezembro, solstício de verão

Assim como na orientação Norte-Sul as fachadas com o beiral de 1m vão receber insolação em apenas um turno do dia, a fachada sudeste vai receber insolação apenas no período da manhã e a fachada noroeste vai receber apenas no período da tarde, porém no decorrer do ano esse tempo de insolação que as fachadas estarão submetidas irá variar. No período próximo do verão ocorre uma maior insolação na fachada sudoeste no decorrer do dia, ficando exposta até próximo das 11h como pode ser observado na máscara de sombra da carta solar.

Com o beiral de 0,5m à medida que vai se aproximando do solstício de inverno a incidência sobre a face sudeste vai diminuindo, ficando sombreada a partir de aproximadamente 8h e 30min. Para essa condição, mesmo recebendo uma maior insolação sobre a face, os raios solares não chegam a entrar no galpão que fica sombreado a partir das 12h no verão e das 9h no inverno.

Para a fachada noroeste o maior período de insolação se apresenta no turno da tarde (Figura.16). Diferente do que ocorre na fachada sudeste, na face noroeste, à medida que se aproxima do verão, a insolação é bem menor. O beiral de 1m sombreia a fachada até aproximadamente as 15h de acordo com a máscara de sombra na carta solar e como pode ser observado nas imagens do SketchUp®. Com o beiral de 0,5m a incidência solar sobre a fachada inicia uma hora mais cedo.

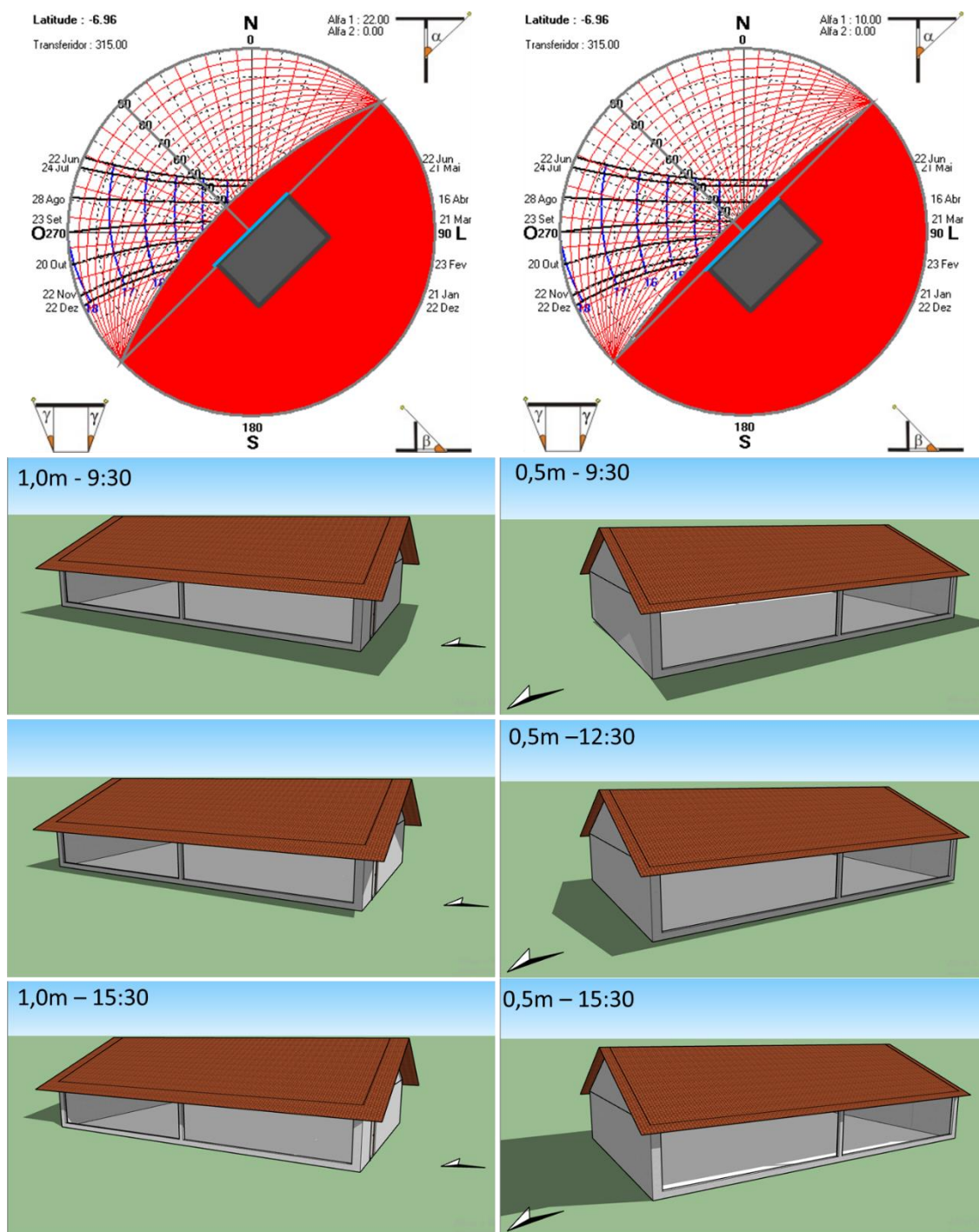


Figura 16: Fachada Noroeste com o galpão em sentido Nordeste-Sudoeste com beiral de 1m e 0,5 para o dia 22 de dezembro, solstício de verão

No inverno a incidência solar é bem maior na fachada noroeste principalmente no período da tarde quando começa a invadir o galpão, começando a incidir na parede próximo às 12h (Figura17). Nessa orientação, no decorrer do outono e do inverno, a face noroeste vai recebendo um maior período de insolação pois já começa a incidir raios solares na face mais cedo. Se no verão começa a receber luz a partir das 15h, no outono ocorre aproximadamente às 14h e no inverno a partir das 12h. Observou-se que às 15:30

a radiação solar se projeta no interior do galpão, o que contribui com o aumento das temperaturas internas.

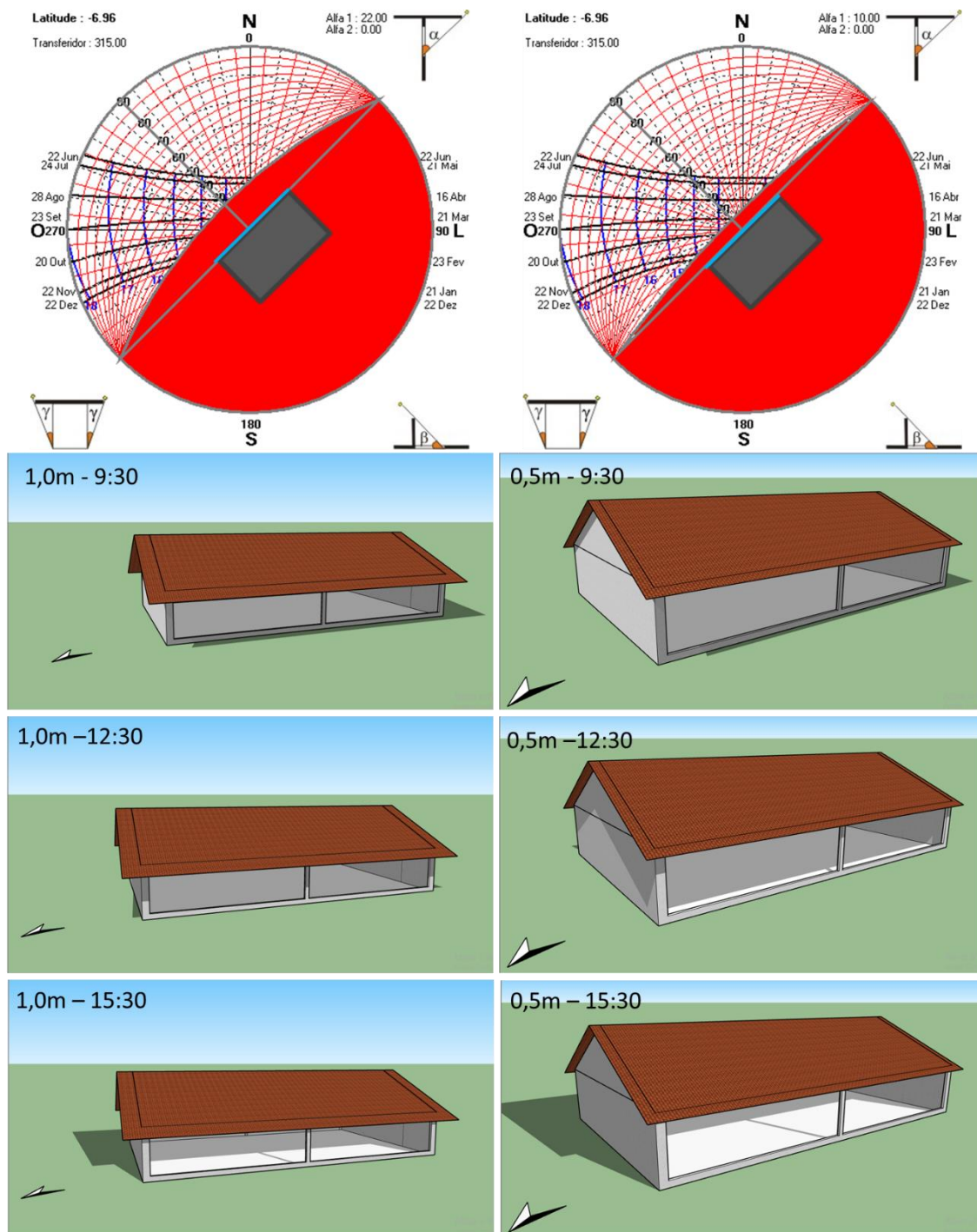


Figura 17: Fachada Noroeste com o galpão em sentido Nordeste-Sudoeste para o dia 22 de junho, solstício de inverno

5. CONCLUSÕES

Os resultados observados no estudo da carta solar e nas imagens feitas do SketchUp® apresentam similares, identificando a compatibilidade dessas duas

ferramentas em representar a variação anual da incidência solar sobre edificações sendo muito interessante a utilização conjunta; enquanto a Carta Solar produz uma informação visual mais rápida e ampla sobre o comportamento da insolação anual, o SketchUp® oferece uma ideia visual mais detalhada mostrando o comportamento da insolação para qualquer hora do dia e em qualquer dia do ano.

Quando as condições do terreno não permitirem instalar a construção no sentido Leste-Oeste é recomendável a orientação Nordeste-Sudoeste na latitude de Areia/PB, sempre buscando implantar técnicas que auxiliem o sombreamento principalmente na fachada noroeste que tende a receber a maior insolação direta no período mais quente do dia

O beiral mais eficiente em proteger as fachadas da exposição à radiação solar direta para o modelo em estudo foi de 1m, apesar de apresentar incidência solar em seu interior nos períodos de verão e inverno independente da orientação, necessitando de outras técnicas protetivas.

A utilização de ferramentas gráficas como o Software Google SketchUp® e a Carta Solar otimizam o planejamento de construções rurais pois se trata de softwares de fácil utilização que auxiliam sobre a predição do comportamento da insolação sobre as fachadas da edificação o que permite tomar decisões mais precisas sobre qual técnica construtiva é necessária para oferecer o sombreamento mais adequado na hora do planejamento da construção.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P. G. de; ABREU, V. M. N.; TOMAZELLI, I. L.; HASSEMAR, M. J.; CESTONARO, T.; ZUCCHI, M. C. Efeito da radiação solar, do tipo de revestimento e da pintura dos oitões no condicionamento térmico do aviário. In: **Congreso Internacional De Ingeniería Agrícola**, 6., 2010, Chillán, Chile. Presentación de trabajos... Chillán: Universidad de Concepción, 2010.

ALVES, S. P.; RODRIGUES, E. H. Sombreamento arbóreo e orientação de instalações avícolas. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, 2004.

AMORIM, R. P. de L.; PEDROSA, M. L.; CARVALHO, H. J. M. Máscara de obstrução: uso de novas tecnologias que facilitam a verificação da obstrução do céu visível. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, v. 15, p. 370-378, 2014.

ANALYSIS SOL-AR. Versão 6.2. Florianópolis: UFSC, 2019. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar>>. Acesso em: 23/07/2019.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Ambiência em edificações rurais: conforto animal. **UFV**, 2010

BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares**. UFAL, 1996.

CHVATAL, K. Relação entre o nível de isolamento térmico da envolvente dos edifícios e o potencial de sobreaquecimento no verão. 2016. Tese de Doutorado.

COSTA, A. F. G. M. Metodologia em projeto de bloqueador de radiação solar (brises) com estrutura móvel pivotante para conforto ambiental em aviários. **Exacta**, v. 7, n. 1, p. 13-20, 2009.

CUNHA, M. P. D. Projeções para reativação e adequação dos viveiros de várzea da Universidade Federal Rural da Amazônia–**UFRA**. 2019.

DA CRUZ, R. P.; Quartieri, M. T.; Kappaun, P. T.; dos Santos, S. C. A.; Izarias, N. S.; Gerstberger, A. O Sketchup no ensino da geometria espacial. **PROJEÇÃO E DOCÊNCIA**, v. 9, n. 2, p. 212-224, 2018.

DA SILVA, T. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; DE ALMEIDA, G. L.; GOMES, N. F. Tipologia de instalações avícolas na região Agreste de Pernambuco. **Engenharia agrícola**, v. 35, n. 4, p. 789-799, 2015.

DE SOUSA CASTRO, D. D.; BARBOSA, J. B.; ANJOS, M. K. A. D.; DE SOUZA RAMOS, P.; DE NAZARÉ SANTOS DIAS, L.; DE FATIMA ARAÚJO VIEIRA, M. Características construtivas das instalações avícolas do município de Paragominas-Pará. In: VII Congresso Brasileiro de Biometeorologia, Ambiência, Comportamento e Bem-Estar Animal, 2017, Jaboticabal. *Anais....* Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Biometeorologia, 2017.

DE SOUZA, B. B. Adaptabilidade e bem-estar em animais de produção. 2015.

DORIGO, A. L.; SUGA, M.; KRÜGER, E. L. Avaliação do Desempenho Luminoso de Edificações Escolares conforme sua Orientação Solar. 2006.

EASTMAN, C. M.; JEONG, Y.-S.; SACKS, R.; KANER, I. Exchange Model and Exchange Object Concepts for Implementation of National BIM Standards. *Journal of Computing in Civil Engineering*, v. 24, n. 1, p. 25–34. doi: 10.1061/(ASCE)0887-3801(2010)24:1(25), 2010.

GOOGLE SketchUp. Versão 18.0.16975 64 bit. Disponível em: <<https://www.sketchup.com/pt-BR>>. Acesso em: 04/02/2019

GUIMARÃES, M. C. C. Inventário de características arquitetônico-ambientais associados a sistemas de condicionamento térmico de galpões avícolas. Tese de Doutorado. UFV, p3-25. 2009.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática, Brasília, DF, Brasil. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 11 de outubro de 2019

KONYA, A. **Design primer for hot climates**. Elsevier, 2013.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. Eficiência Energética na Arquitetura – 3ª Edição. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2013

LIMA, C. B.; COSTA, T. G. P.; NASCIMENTO, T. L.; LIMA JÚNIOR, D. M.; SILVA, M. J. M. S.; MARIZ, T. M. A. Comportamento ingestivo e respostas fisiológicas de ovinos em pastejo no semiárido. **Journal of Animal Behaviour Biometeorology**, v. 2, n. 1, p. 26-34, 2014.

MARQUES, T. T.; REGOLÃO, R.; CHVATAL, K.. Aplicação de ferramentas simplificadas de projeto voltadas ao desempenho térmico em uma habitação de interesse social. In: **SBQP 2011-Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído**, 2011.

MARTIN BIAGGIONI, M. A.; DE MATTOS, J. M.; JASPER, S. P.; TARGA, L. A. Desempenho térmico de aviário de postura acondicionado naturalmente. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 961-971, 2008.

MIRANDA, R. N.; ALENCAR, A. F.; TAYTSON, D. M.; XAVIER, J. F. M.; ARAÚJO, R. D. S.; JANUÁRIO, P. M. G.; XAVIER, L. G. D. S. Uso do sketchup para desenvolvimento do partido arquitetônico: um estudo aplicado ao ensino de projeto. **Humanas Sociais & Aplicadas**, v. 9, n. 25, 2019.

NEVES, J. V. G. Estudo de revitalização dos blocos do campus UTFPR–Campo Mourão. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2016.

OLIVEIRA, J. E.; SAKOMURA, N. K.; FIGUEIREDO, A. N.; JÚNIOR, J. L.; SANTOS, T. M. B. Efeito do isolamento térmico de telhado sobre o desempenho de frangos de corte alojados em diferentes densidades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1427-1434, 2000.

PAGNOSSIN, E. M.; BURIOL, G. A.; DE ARAUJO GRACIOLLI, M. Influência dos elementos meteorológicos no conforto térmico humano: bases biofísicas. **Disciplinarum Scientia| Saúde**, v. 2, n. 1, p. 149-161, 2016.

PAULA, M. O.; CAETANO, S. P.; MOREIRA, G. R.; AMORIN, M. M.; DURAN, M. C. Identificação da tipologia construtiva de galpões avícolas no estado do Espírito Santo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 2012 641. 2012.

PEREZ, M A. R.; DA MOTTA, A. L. T. S. Estudo de Insolação para Tomada De Decisões Projetuais Em Fachadas Verdes In: **XII congresso nacional de excelência em gestão**, 2016, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: FIRJAN,.. 2016

PROJETEEEE – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. Disponível em: <<http://projeteee.mma.gov.br/>> Acesso em: 20 de outubro. 2019

RAMOS, L. A. Diferentes densidades de gliricidia sepium e condições de ambiência para ovinos. 2018.

ROCHA, H. F. M. Modelagem e Simulação da informação urbana de caráter histórico. In: **Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital**, 2012.

ROQUE, R. C. R. **Aplicação de conceitos sustentáveis no projeto habitacional de São Pedro-SP**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

SANTOS, A. V. P. **Estudo das propriedades térmicas de materiais de cobertura utilizados em construções rurais: uma revisão de literatura**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

SILVA, T. P. N.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; DE ALMEIDA, G. L.; GOMES, N. F. Tipologia de instalações avícolas na região agreste de Pernambuco. **Engenharia agrícola**, v. 35, n. 4. 2016.

SOUZA, B. B. Índice de conforto térmico para ovinos e caprinos: índice de temperatura do globo negro e umidade registrado em pesquisas no Brasil. **Farmpoint-ovinos e caprinos**, 2014.

SOUSA JUNIOR, V. R. Modelo para estudo da ambiência em instalações animais, com o uso da fluidodinâmica computacional (CFD). UEC, 2016.

TOMBAZIS, A. N.; PREUSS, S. A. Design of passive solar buildings in urban areas. **Solar Energy**, v. 70, n. 3, p. 311-318, 2001.

TOWNSEND, M.; VIEIRA, L. B. Solução formal e funcional para proteção solar em projetos arquitetônicos. **Disciplinarum Scientia| Artes, Letras e Comunicação**, v. 14, n. 1, p. 79-88, 2016.

TURCO, J. E. P.; RIZZATTI, G. S. Avaliação de modelo matemático para estimar a radiação solar incidente sobre superfícies com diferentes exposições e declividades. **Engenharia Agrícola**, p. 257-267, 2006.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Brasília. INMET. 2000.

ZAKI, W. R M.; NAWAWI, A. H.; AHMAD, S. S. Energy savings benefit from passive architecture. **Journal of Sustainable Development, Canada Centre of Science and Education**, v. 1, n. 3, p. 51-63, 2008.

7. ANEXO I – CARTA SOLAR PARA O MUNICÍPIO DE AREIA - PB

Latitude : -6.97

